Notfallschutz und Risk Governance:
Zur nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen

Von der Carl-Friedrich-Gauß-Fakultät der Technischen
Universität Carolo-Wilhelmina zu
Braunschweig
zur Erlangung des Grades
Doktor der Staatswissenschaften (Dr. rer. pol.)
genehmigte
Dissertation
von

Johannes Kuhlen

geboren am 23.11.1951
in Duderstadt

Eingereicht am: 06.02.2014
Mündliche Prüfung am: 09.07.2014
Referent: Prof. Dr. Ulrich Menzel
Korreferent: Prof. Dr. Fred Jochen Litterst

2014

Zusammenfassung

Die Arbeit mit dem Titel „Notfallschutz und Nuclear Risk Governance: Zur nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen“ beschäftigt sich mit Fragen der Sicherheit von Mensch und Umwelt vor den Gefahren der Kernenergie und den schädlichen Wirkungen der Radioaktivität bei Kernkraftwerksunfällen. Übergeordnete Ziele sind, Unzulänglichkeiten und Defizite, die bei der Bewältigung von schweren Kernkraftunfällen z.B. 1986 in Tschernobyl und 2011 in Fukushima aufgetreten sind, zu identifizieren und aufzuzeigen, wie ein internationale Regime beschaffen sein sollte, das zu einer Verbesserung und internationalen Harmonisierung von Planungen und Maßnahmen im nuklearen Notfallschutz führt.

Die Arbeit ist in einen theoretischen Teil und einen empirischen Teil untergliedert. Schwerpunkte des theoretischen Teils sind eine Einbettung des Themas in ein Global Governance Konzept, das als Nuclear Risk Governance die Global Governance nuklearer Risiken beinhaltet, wobei diesen Risiken entsprechend ihren charakteristischen Eigenschaften jeweils eigene Governance-Begriffe zugeordnet werden können: Nuclear Safety Governance steht im Zusammenhang mit Sicherheit, Nuclear Security Governance mit Sicherung und Non-Proliferation Governance mit Safeguards. Gegenstand der Untersuchung der vorliegenden Arbeit, als Spezialfall der Nuclear Safety Governance, ist die Nuclear Emergency Governance, die sich auf die Verregelung im grenzüberschreitenden Politikfeld des anlagenexternen Notfallschutzes bezieht, um im Ereignisfall die globalen Auswirkungen von Reaktorunfällen als Folge der freigesetzten Radioaktivität zum Schutz von Mensch und Umwelt zu minimieren. Die Begriffe Sicherheit, Sicherheitskultur und Restrisiko werden betrachtet, da sie im Zusammenhang mit dem Notfallschutz, den Unfallursachen bzw der Schadenseinschätzung von Kernkraftwerksunfällen stehen. Unter historisch-analytischer Perspektive werden die Befunde (Unfallabläufe, Unfallfolgen und Konsequenzen) an zwei Reaktorunfällen (Three Mile Island 1979, Tschernobyl 1986) vor dem Reaktorunfall von Fukushima untersucht, die beide bereits weltweit Folgen für den Strahlenschutz und die kerntechnische Sicherheit hatten. Jedoch hatte der Unfall von Three Mile Island wenig Konsequenzen in der Konzeption des nuklearen Notfallschutzes ausgelöst, während die Katastrophe von Tschernobyl in Deutschland den Anstoß gab, das Bundesumweltministerium zu gründen und das gestaffelte Sicherheitskonzept der Reaktorsicherheit umfassend umzusetzen. Die durch den Unfall von Tschernobyl ausgelösten ersten Ansätze zur Entwicklung der Nuclear Emergency Governance und der internationalen Zusammenarbeit zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit werden aufgezeigt. Insbesondere werden die wichtigsten „best practice“-Beispiele (Stakeholder-Projekte, internationale Harmonisierungsprojekte) der zuständigen Behörden

dargestellt und es wird auf bestehende Defizite bzw. Herausforderungen im Notfallschutz vor Fukushima eingegangen. Anschließend werden der Kernkraftwerksunfall von Fukushima (März 2011) und dessen Folgen betrachtet. Als Erkenntnis aus den Analysen der Unfallursachen, des Unfallablaufs und der Folgen von Fukushima ergibt sich der Befund, dass es zahlreiche Parallelen gibt trotz der systembedingten Unterschiede zwischen dem Kernkraftwerksunglück von Tschernobyl in der kommunistisch regierten Sowjetunion im Jahr 1986 und dem ca. 25 Jahre später erfolgten Kernkraftwerksunfall in dem Hochtechnologieland Japan, dessen politisches System eine parlamentarische Demokratie mit einer engen Verflechtung von Politik und Wirtschaft ist. Diese Parallelen betreffen die mangelnde Sicherheit der Kernkraftwerke, den Risikofaktor Mensch, die unzureichende Planungen des anlagenexternen Notfallschutzes und die mangelhafte Informationspolitik von Betreiber und Behörden. So sind den Betreibern wie TEPCO trotz besserer Kenntnis betriebene Verharmlosung der Naturgefahren für die Sicherheit der Kernkraftwerke und der japanischen Aufsichtsbehörde die mangelnde Unabhängigkeit und Transparenz ihrer Tätigkeiten vorzuwerfen. Beide Faktoren gehören zu den Hauptursachen des Nuklearunfalls in Japan, der ohne diese Mängel hätte verhindert werden können. Andererseits hat es in vielen Staaten Verbesserungen auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit gegeben. Generell werden die bisherigen „best practice“-Beispiele als erste Schritte zur Einbindung von Stakeholdern und Behörden benachbarter Staaten gesehen, um sich zu verständigen, welche Maßnahmen im Ereignisfall eines Kernkraftwerksunfall zu ergreifen sind. Aus den Erfahrungen von Fukushima hat sich gezeigt, dass es erheblichen Verbesserungsbedarf im nationalen und internationalen Notfallschutz gibt, der nur durch ein neu zu schaffendes internationales Regime im Umgang mit Nuklearunfällen gelöst werden kann. Anders als nach dem Tschernobyl-Unglück scheint, wie die Beiträge und Ergebnisse von Ministerkonferenzen und hochrangigen Tagungen in den Jahren 2011 und 2012 zeigen, der Reaktorunfall von Fukushima erstmals die Konsequenz ausgelöst zu haben, dass politisch die Bereitschaft besteht, eine international harmonisierte Notfallschutzplanung zwischen Staaten anzustreben, und sich seither nach und nach ein internationales Regime zum Notfallschutz bei Kernkraftwerkunfällen herausbildet. Als Ergebnisse der vorliegenden Arbeit werden Vorschläge zu europaweiten Notfallschutzregelungen für ein Nuclear Safety Regime unterbreitet, die Hindernisse (Problematik) bei deren Umsetzung genannt und eine Zwischenlösung zur verbesserten grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Notfallschutz vorgeschlagen. Zu den Vorschlägen gehören eine Verständigung über Grenzwerte und Eingreifwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung sowie Mechanismen zum Informationsaustausch bei Kernkraftwerksunfällen und zur Gewährleistung eines grenzüberschreitenden konsistenten Vorgehens bei der Bewältigung von radiologischen

Notfallsituationen. Solange die Nutzung der Kernenergie Bestandteil der nationalen Energiepolitiken einiger Staaten ist, dient die grenzüberschreitende Harmonisierung und Kooperation beim Notfallmanagement dem Schutz der Bevölkerung, die in potenziell betroffenen Staaten leben, ganz gleich, ob diese Kernenergie einsetzen oder nicht. Daher ist dieses Thema auch für Deutschland weiter von Bedeutung, das auf Grund des Reaktorunfalls von Fukushima die „Energiewende", d.h. den Ausstieg aus der Kernenergie und den Ausbau erneuerbarer Energien beschlossen hat.

Der empirische Teil der Arbeit besteht aus zwei Schwerpunkten. Zum einen werden die nationalen Eingreifrichtwerte zur Einleitung von Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor den Auswirkungen von Kernkraftwerksunfällen unter Verwendung mehrerer Vergleichsstudien untersucht, aus denen sich wegen der ermittelten Inkonsistenzen in den Ansätzen zur Festlegung von Schutzmaßnahmen in den nationalen Vorschriften erheblicher Handlungsbedarf mit dem Ziel einer grenzüberschreitenden Harmonisierung ergibt. Eines der Ergebnisse besteht darin, dass die fachlichen Grundlagen z.B. zu den verschiedenen Dosisbegriffen und zu den Parametern für die Eingreifrichtwerte fehlen, die im Anhang zu dieser Arbeit dargestellt werden. Der zweite Schwerpunkt des empirischen Teils liegt auf der Erhebung und Auswertung von Daten, die sich aus Antworten von Experten auf Fragen ergeben, die alle Themenfeldern des Notfallschutzes umfassen und mit den Eingreifrichtwerten in Zusammenhang stehen. Mit Hilfe eines umfangreichen Fragebogens („Questionnaire regarding International Harmonization of Emergency Management") wurden dazu weltweit die beiden politisch bzw. technisch-fachlich orientierten Zielgruppen im nuklearen Notfallschutz in dem Zeitraum vom 23. November 2010 bis 15. Februar 2011, d.h. noch vor dem Beginn des Fukushima-Reaktorunfalls am 11. März 2011, befragt und um eine Bewertung von Aussagen gebeten, die Bestandteile eines (den Befragten unbekannten) Dokuments zur internationalen Harmonisierung des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen sind, das eine internationale Arbeitsgruppe (EPAL) aus 25 Vertretern von 13 Staaten erarbeitet hatte. Ein wesentliches Ergebnis der Auswertung des Fragebogens ist, dass unter Befragten weder eine gemeinsame Position vertreten wird noch international ein gemeinsames fachliches Konzept für eine Harmonisierung von Grenzwerten besteht. Wegen der geringen Rücklaufquote von ca. 10 Prozent und der, wie die Befragung ergab, sehr heterogenen Expertenmeinungen ist die empirische Basis für quantitative Auswertungen nur in einzelnen Punkten hinreichend, um daraus belastbare Befunde zu generieren. Hierzu gehört der Befund, dass die befragten Experten, die in der Regel in ihren Ländern als Politikberater fungieren, in wesentlichen Fragen keinen Konsens haben erkennen lassen. Folglich kann man über den Einfluss dieser Politikberater keinen Konsens auf der politischen Ebene erwarten. Da nach den Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Unfall von

Fukushima ein Bedarf nach grenzüberschreitenden Regelungen und z.B. in Europa für ein EU-weites einheitliches Schutzniveau für die Bevölkerung bei Kernkraftwerksunfällen offenkundig geworden ist, kann man aus Sicht des Verfassers nicht länger auf eine Einigung der befragten Zielgruppen warten, sondern muss eine politische Einigung für ein verbessertes Nuclear Emergency Regime (bzw. Nuclear Safety Regime) anstreben. Hierzu könnten die im theoretischen Teil dieser Arbeit gemachten Vorschläge und dargestellten Schritte zu EU-weiten Notfallschutzregelungen für ein Nuclear Safety Regime einen Beitrag leisten. Sie würden helfen, die in der Arbeit identifizierten Befunde von Mängeln auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit zu beheben, Hierzu gehören, wie in der Arbeit dargestellt, eine unzureichend ausgeprägte Sicherheitskultur, Schwachstellen bei der Auslegung von Kernkraftwerken und deren anlageninternen Notfallschutzkomponenten und bei der diesbezüglichen Überprüfung. Die Vorschläge berücksichtigen zudem den Verbesserungsbedarf im Nuklearrecht, das auf die Umsetzung von Prinzipien und Grundsätzen setzt, die zum Schutz von Mensch und Umwelt bei Kernkraftwerksunfällen dienen, und auf Anforderungen in den Bereichen Notfallvorsorge, -planung und -management beruht: z.B. auf die Prinzipien der Sicherheit, Verantwortung, Unabhängigkeit, Transparenz und der internationalen Zusammenarbeit mit einheitlichen Standards und grenzüberschreitenden nuklearrechtlichen Regelungen.

Ein Ergebnis der Arbeit ist, dass eine dauerhaftes, stabiles und nachhaltiges Regime nuklearer Sicherheit im anlageninternen und anlagenexternen Notfallschutz ohne eine „epistemic community“ nicht erwartet werden kann und diese jedoch derzeit nicht existiert. D.h. es ist, analog zum Politikfeld des Klimawandels der Weltklimarat (IPCC), ein Expertennetzwerk für Politikberatung auf internationaler Ebene erforderlich, das auf dem Wissensbereich des nuklearen Notfallschutzes Autorität ausübt und darüber Einfluss auf die politischen Entscheidungen zu Gunsten einer Kooperation und grenzüberschreitenden Zusammenarbeit der Staaten im Notfallmanagement nimmt, um die Voraussetzungen internationale Vereinbarungen und deren nationale Implementierungen zu schaffen. Dass es keine „epistemic community“ im nuklearen Notfallschutz gibt, liegt an mehreren Faktoren, die in dieser Arbeit empirisch ermittelt werden. Wie aus den Rückläufen der Befragung ersichtlich ist, sind sich die Experten uneinig über die Bedeutung der von ihnen verwendeten Begriffe (z.B. inkonsistente Dosen und Dosisgrenzwerte) und fachlichen Konzepte. Auch sind die Experten Einflüssen ausgesetzt, die mit den unterschiedlichen staatlichen Energiepolitiken bei der Frage der Kernenergienutzung und mit den sich widersprechenden politischen und wirtschaftlichen Interessen der beteiligten Akteure zusammenhängen, so dass unter ihnen, je nach Interessenlage, das gesamte Spektrum pro und contra Kernkraftnutzung vertreten ist.

Schlagwörter:

Notfallschutz, Nukleare Sicherheit, Risk Governance nuklearer Risiken, Internationale Harmonisierung, Strahlenschutz

Abstract

The present study entitled "Emergency Response and Nuclear Risk Governance : nuclear safety at nuclear power plant accidents" deals with issues of the protection of the population and the environment against hazardous radiation (the hazards of nuclear energy) and the harmful effects of radioactivity during nuclear power plant accidents. The aim of this study is to contribute to both the identification and remediation of shortcomings and deficits in the management of severe nuclear accidents like those that occurred at Chernobyl in 1986 and at Fukushima in 2011 as well as to the improvement and harmonization of plans and measures taken on an international level in nuclear emergency management.

This thesis is divided into a theoretical part and an empirical part. The theoretical part focuses on embedding the subject in a specifically global governance concept, which includes, as far as Nuclear Risk Governance is concerned, the global governance of nuclear risks. Due to their characteristic features the following governance concepts can be assigned to these risks: Nuclear Safety Governance is related to safety, Nuclear Security Governance to security and Non-Proliferation Governance to safeguards. The subject of investigation of the present study is as a special case of the Nuclear Safety Governance, the Nuclear Emergency governance, which refers to off-site emergency response. The global impact of nuclear accidents and the concepts of security, safety culture and residual risk are contemplated in this context. The findings (accident sequences, their consequences and implications) from the analyses of two reactor accidents prior to Fukushima (Three Mile Iceland in 1979 , Chernobyl in 1986) are examined from a historical - analytical perspective and the state of the Nuclear Emergency governance and international cooperation aimed at improving nuclear safety after Chernobyl is portrayed by discussing, among other topics, examples of "best practice"(stakeholder projects, international harmonization projects) as well as existing deficiencies or challenges that came to light during the emergency response after Fukushima. Subsequently, the nuclear power plant accident in Fukushima (March 2011) and its consequences are considered. The results of the analyses of the accidents, the accident sequence and their consequences show the need to improve national and international

emergency response planning. The author then comes forward with several proposals on how to set up a pan-European emergency response scheme within the framework of a Nuclear Safety Regime, the obstacles (problems) which may interfere with the implementation of these suggestions are addressed and an interim solution for enhanced cross-border cooperation regarding emergency response is proposed.

The empirical part of the thesis consists of two topics. Firstly, the national intervention levels for measures to protect the population in case of a nuclear power plant accident are examined by using comparative studies which show a considerable need for action in connection with a cross-border harmonization. One of the results is that the technical basis, e.g. regarding the different dose concepts and parameters for the intervention levels, is lacking. This information is listed in the appendix to this study. Secondly, the empirical part focuses on the collection and analysis of data that result from the answers to a couple of questions which cover all subject areas of emergency preparedness and which are related to intervention levels: With the help of an extensive questionnaire ("Questionnaire Regarding International Harmonization of Emergency Management"), the two politically or technically-oriented professional target groups in the field of Nuclear Emergency were interviewed worldwide during the time period from 23 November 2010 to 15 February 2011, that is, before the Fukushima reactor accident on 11 March 2011. They were asked to rate statements which were in fact the components of a document which the respondents did not know. This document is the result of a trans-border harmonization of emergency preparedness in case of nuclear power plant accidents which was developed and agreed upon by an international working group (EPAL) consisting of representatives of 13 European countries. An important result of the analysis of the questionnaire is that respondents neither have a common position nor a common professional approach to harmonization of emergency intervention levels. Since then, following the experiences of the accident at Fukushima, there has been an need for cross-border regulations. E.g. it has become evident, that it is necessary to negotiate an EU-wide uniform level of protection for the population in Europe in case of nuclear power plant accidents. The author makes it clear that we can no longer wait for the surveyed target groups surveyed to come an agreement, but we should rather sooner than later aim at a political agreement on an improved Nuclear Emergency regime (or Nuclear Safety regime). This may include the proposals made in the theoretical part of this thesis as well as the steps presented which would lead to EU-wide emergency response arrangements for a Nuclear Safety Regime.

Keywords:

Emergency Preparedness, Nuclear Safety, Nuclear Risk Governance, International Harmonization, Radiation Protection

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **2**

Abstract **6**

Widmung **12**

Vorwort und Danksagung **24**

1. Problemstellung **26**

2. Arbeitsmethode **35**

3. Theoretischer Rahmen **38**

3.1 Governance-Konzepte 39

3.2 Sicherheit und Notfallschutz 52

3.3 Der Reaktorunfall von Fukushima als exemplarisches Beispiel 58

4. Befunde am Beispiel von Reaktorunfällen vor Fukushima **61**

4.1 Skizzierung bisheriger Reaktorunfälle 62

4.2 Der Reaktorunfall von Three Mile Island 64

4.3 Der Reaktorunfall von Tschernobyl 70

4.3.1 Die Tschernobyl-Krise in der Sowjetunion 71

4.3.2 Inkonsistente nationale Schutzmaßnahmen während der Tschernobyl-Krise 74

4.3.3 Die Tschernobyl-Krise in Deutschland 76

4.3.4 Vergleich der Berichterstattung und Wahrnehmung in Deutschland und Frankreich beim Unfall von Tschernobyl 85

4.3.5 Regelungsbedarf und offene Punkte nach der Tschernobyl-Krise als Governance-Problem 87

4.4 Die Umsetzung von Konsequenzen nach Tschernobyl in Deutschland 91

5. Antiatomkraftbewegung, Kernenergiepolitik und die energiepolitischen Folgen nach Tschernobyl96

6. Erste Entwicklung eines internationalen Regimes zur nuklearen Sicherheit **101**

6.1 Stakeholder-Projekte 109

6.1.1 Das Projekt „EVATECH“ zur Entscheidungsfindung 110

6.1.2 Stakeholder-Beteiligung beim Projekt „Maßnahmenkatalog“ 112

6.1.3 Stakeholder-Beteiligung beim Projekt „Kommunikation mit der Öffentlichkeit“ 113

6.2 Internationale Harmonisierungsprojekte 115

6.2.1 „Trans-border harmonization“ der Fünf-Länder-Arbeitsgruppe 115

6.2.2 Die Studie der EU-Kommission zur Jodblockade 116

6.2.3 Das Projekt EPAL 117

7. Analyse der Dosen und nationalen Eingreifrichtwerte und Befunde aus der Befragung der internationalen Experten im nuklearen Notfallschutz **119**

7.1 Die radiologischen Grundlagen im Notfallschutz (Dosen und Dosisgrenzwerte) 121

7.2 Die nationalen Eingreifrichtwerte (Datenlage, Vergleichsstudien, Stand und Entwicklungen) 123

7.3 Die Befragung der internationalen Experten und die Befunde aus den Rückläufen der Fragebögen 128

8. Fukushima und die Folgen ... 137

8.1 Befunde zum Fukushima-Unglück ... 137

8.2 Nachdenken über Kernenergienutzung und Notfallschutzkonzepte für das Krisenmanagement ... 139

8.2.1 Japanische Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen des Fukushima-Unfalls ... 143

8.2.2 Politische Folgen bzgl. der Nutzung der Kernenergie ... 146

8.3 Verbesserungsbedarf bei der Bewältigung von Reaktorunglücken ... 147

8.3.1 Katastrophenmanagement in Deutschland ... 148

8.3.2 Notfallschutzmanagement als europäisches Problem ... 150

8.3.3 Nationales radiologisches Lagezentrum in Deutschland ... 151

8.3.4 Änderungsbedarf bei Zuständigkeiten und Organisation zur Krisenbewältigung ... 152

8.3.5 Neues Evakuierungskonzept in Deutschland ... 154

8.4 Analyse der Auswirkungen von schweren Reaktorkatastrophen ... 156

9. Vorschläge zu EU-weiten Notfallschutzregelungen für ein Nuclear Safety Regime ... 159

9.1 Wege zur Harmonisierung des Notfallschutzes in der EU ... 160

9.2 Erschwernisse zur Realisierung eines harmonisierten nuklearen Notfallschutzes ... 162

9.3 Einbettung in ein Global Governance Projekt ... 167

9.4 Ein verfahrensorientierter Ansatz zur europäischen Zusammenarbeit im Notfallschutz als Zwischenlösung ... 169

9.5 Vorteile gegenüber Ist-Stand in Europa ... 176

10. Schritte zur Verbesserung des Nuclear Safety Regimes. Aktuelle Entwicklungen ... 180

11. Fazit ... 190

11.1 Konsequenzen aus Kernkraftwerksunfällen ... 192

11.2 Empirische Befunde (Fragebogen). Unzulänglichkeiten und Hindernisse im internationalen Notfallschutz ... 192

11.3 Ansätze zur Verbesserung und Harmonisierung im Notfallschutz ... 194

Anhang ... 197

12. A: Dosen und Dosisgrenzwerte ... 197

12.1 Dosisbegriffe ... 198

12.2 Dosisgrenzwerte (Eingreifrichtwerte) und deren Parameter ... 223

13. B: Datenlage, Beschreibungsmatrix und Referenzniveau ... 227

13.1 Datenlage ... 227

13.2 Beschreibungsmatrix und Referenzniveau von EPAL ... 233

13.3 Das EPAL-Referenzniveau im Vergleich zu nationalen Eingreifrichtwerten ... 238

14. C: Beurteilung der Referenzniveaus: Fragebogen und Auswertung ... 243

14.1 Vorbemerkungen zu den empirischen (mathematisch-statistischen) Methoden bei der Auswertung des Fragebogens ... 243

14.2 Die Struktur des Fragebogens und der Kreis der Untersuchungsteilnehmer 248
14.3 Der Teilnehmerkreis und die personenbezogen Fragen (P-Fragen) 253
14.4 Statistische Auswertungen der sachbezogenen Fragen (Q-Fragen) 262
14.5 Auswertung strategischer Aspekte im Notfallschutz (Fragen Q102 ff) 287
14.5.1 Zur Priorität von Themen im Notfallschutz 287
14.5.2 Zur Rangfolge von Bereichen des Notfallschutzes (Notfallschutzplanung) 291
14.5.3 Zur Rangfolge von Bereichen des Notfallschutzes (Notfallschutzmanagement) 294

15.D: Tabellen von Eingreifrichtwerten 297

15.1 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch EPAL(2008) 297
15.1.1 EPAL1 - Eingreifrichtwerte für Evakuierung 297
15.1.2 EPAL2 - Eingreifrichtwerte für Verbleiben in Gebäuden 298
15.1.3 EPAL3 - Jodblockade 299
15.1.4 EPAL4 - Umsiedlung (Relocation, Resettlement) 300
15.1.5 Quellenangaben für die EPAL-Daten 301
15.2 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch TÜV/BMU (2003) 302
15.2.1 TÜV/BMU1: Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden 303
15.2.2 TÜV/BMU2: Eingreifrichtwerte für Jodblockade 304
15.2.3 TÜV/BMU3: Eingreifrichtwerte für (Vorsorgliche) Evakuierung 305
15.3 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch RISKAUDIT (2010) 306
15.3.1 RISKAUDIT1: Emergency reference levels in Europe for iodine intake 306
15.3.2 RISKAUDIT2: Decision-making supporting elements for iodine intake 308

16.E: Der Fragebogen (questionnaire) 310

16.1 Anschreiben 310
16.2 Fragen 312
16.3 Antwortbogen (answer sheets) 337

Literaturverzeichnis 349

Erklärung 383

Lebenslauf 384

“Eine Atomkatastrophe irgendwo auf der Welt
ist eine Katastrophe überall auf der Welt”

Klaus Töpfer 1991

Widmung

Ich danke meinen verstorbenen Eltern Josef und Hildegard Kuhlen, dass sie mir mein Studium in den 1970er Jahren ermöglicht haben, und widme diese Arbeit meiner Familie Eva, Jennifer und Beatrix Kuhlen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die 20 schwersten Unfälle in kerntechnischen Anlagen nach Leliveld 2012 63
Tabelle 2: Bundesländer in der Umgebung in- oder ausländischer Kernkraftwerke 158
Tabelle 3: Anzahl der Kernkraftwerke im 25 km- bzw. 100 km Radius 159
Tabelle 4: Parameter von Eingreifrichtwerten 224
Tabelle 5: Abgeleitete Richtwerte 225
Tabelle 6: Vergleichsstudien und maßnahmenbezogene Eingreifrichtwerte 228
Tabelle 7: In den Vergleichsstudien berücksichtigte Länder 229
Tabelle 8: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für (vorsorgliche) Evakuierung 230
Tabelle 9: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden 231
Tabelle 10: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für Jodblockade (Kinder) 231
Tabelle 11: TÜV/BMU-Studie Maßnahmen (Eingreifrichtwerte) und Expositionspfade 232
Tabelle 12: EPAL Maßnahme Verbleiben in Gebäuden (sheltering) 236
Tabelle 13: EPAL Maßnahme Evakuierung 236
Tabelle 14: EPAL Maßnahme Jodblockade 236
Tabelle 15: EPAL Maßnahme Rückkehr 237
Tabelle 16: EPAL Maßnahme Spätere Evakuierung (relocation) 237
Tabelle 17: EPAL Maßnahme Langfristige Umsiedlung (resettlement) 237
Tabelle 18: Deutsche Eingreifrichtwerte für Notfallschutz-Maßnahmen 239
Tabelle 19: ICRP-Strahlenschutzkriterien in Notfall-Expositionssituationen 241
Tabelle 20: Berufliche Tätigkeiten der Untersuchungsteilnehmer 255
Tabelle 21: Internationale Gremien im Notfallschutz 256
Tabelle 22: Gremienzugehörigkeit der Untersuchungsteilnehmer 257
Tabelle 23: Häufigkeit der Gremienzugehörigkeit der Untersuchungsteilnehmer 257
Tabelle 24: Erwartungswerte für Gruppenzugehörigkeiten (Wilcoxon-Rangsummentests) 260
Tabelle 25: Signifikante Gruppenzugehörigkeiten (Welch-Tests) 260
Tabelle 26: Herkunftsländer der Untersuchungsteilnehmer 262
Tabelle 27: Zustimmungen und Ablehnungen (Fragentyp bezogen) 263
Tabelle 28: Beispiel für Häufigkeitstabelle (hpos, hneg, hind, hna) 267
Tabelle 29: Shapiro-Wilk Tests 272
Tabelle 30: Statistische Zusammenfassung der Punktzahlen 274
Tabelle 31: Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der Punktzahlen 275
Tabelle 32: Mittelwert und Quantile der Häufigkeiten 275
Tabelle 33: Punkteverteilung der Untersuchungsteilnehmer 277
Tabelle 34: Kumulative Punkteverteilung ("99 Fragen") 277
Tabelle 35: Parameter zur Ermittlung von „Ausreißern“ bei den Untersuchungsteilnehmern 279
Tabelle 36: Zustimmungskategorien und ihre Merkmale 283
Tabelle 37: Themenfelder zu den Fragen Q1 bis Q96 284

Tabelle 38: Themenfelder und Parameter der Zustimmungskategorien 285
Tabelle 39: Themenfelder (Mehrfachvergleichstest nach Kruskal-Wallis) 287
Tabelle 40: Verteilung der Prioritäten (Frage Q102) – Teil 1 287
Tabelle 41: Verteilung der Prioritäten (Frage Q102) – Teil 2 288
Tabelle 42: Gruppenwahl der Alternativen (Frage Q102) 289
Tabelle 43: Wahl durch Rangordnung nach dem Sytem Cusanus/Borda (Frage Q102) 290
Tabelle 44: Bestandteile nuklearer Notfallschutzplanung 291
Tabelle 45: Präferenzordnungen für die Alternativen ABCD (Frage Q103) 291
Tabelle 46: Prioritäten-Verteilung und Borda-Wahl (Frage Q 103) 292
Tabelle 47: Condorcet- Vergleiche (Frage Q103) 292
Tabelle 48: Wahlergebnisse nach Cusanus/Borda bzw. Condocet/Llull (Frage Q 103) 293
Tabelle 49: Rangfolge der Alternativen (Frage Q104) 295
Tabelle 50: EPAL1 (Eingreifrichtwerte) 298
Tabelle 51: EPAL2 (Eingreifrichtwerte) 298
Tabelle 52: EPAL3 (Eingreifrichtwerte) 299
Tabelle 53: EPAL4 (Eingreifrichtwerte) 300
Tabelle 54: TÜV/BMU1(Eingreifrichtwerte) 303
Tabelle 55: TÜV/BMU2 (Eingreifrichtwerte) 304
Tabelle 56: TÜV/BMU3 (Eingreifrichtwerte) 306
Tabelle 57: RISKAUDIT1 (Eingreifrichtwerte) 307
Tabelle 58: RISKAUDIT2 (Eingreifrichtwerte) 309

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dosisleistungen in Abhängigkeit von der Zeit (qualitativ) ... 221
Abbildung 2: Mitgliedschaften der Untersuchungsteilnehmer ... 256
Abbildung 3: Anzahl der Mitgliedschaften ... 258
Abbildung 4: Venn-Diagramm (bzgl. ECURIE- und EPAL-Mitgliedschaft) ... 261
Abbildung 5: Zusammenfassende Statistik (Rückläufe der Fragebogenaktion) ... 262
Abbildung 6: 95%-Vertrauensintervall des Anteilswertes (Wahrscheinlichkeit für Ablehnung) ... 266
Abbildung 7: Gauß-Verteilung bezogen auf Frage Q33 ... 269
Abbildung 8: Rangzahlen der Q-Fragen (Zustimmungen, Ablehnungen und Nichtangaben) ... 270
Abbildung 9: Kenngrößen und Boxplots (hpn, hpn.64, hpn-hpn.64, hna, hpn-hna) ... 271
Abbildung 10: Lineare Regression und Streudiagrammglätter (bzgl. hpn.64 und hpn) ... 273
Abbildung 11: Grad der Zustimmung für die Ausprägungen der "Fragentypen" ... 274
Abbildung 12: Lorenzkurve und Gini_Index (bzgl. der Häufigkeitszahlen) ... 276
Abbildung 13: Punkteverteilung (Fragebogen-Rücklauf) ... 278
Abbildung 14: Bewertung der Untersuchungsteilnehmer (bzgl. Zustimmung und "Ausreißer") ... 280
Abbildung 15: Zuordnung der Fragen zu den Zustimmungskategorien ... 283
Abbildung 16: Zuordnung der Themenfelder zu den Zustimmungskategorien ... 284
Abbildung 17: Boxplots (Zustimmungskategorien in Abhängigkeit von den Themenfeldern) ... 286
Abbildung 18: Verteilung der Prioritäten bzgl. der Alternativen (Frage Q103) ... 288
Abbildung 19: Alternative Antwortmöglichkeiten zu Frage Q104) ... 295
Abbildung 20: Boxplots für die Alternativen zu Frage Q103) ... 296

Abkürzungsverzeichnis

ABC-Gefahren	atomare, biologische und chemische Gefahren
a	Jahr
AD	averted dose, avoided dose
AG	Aufenthalt in Gebäuden
ALARA	As low as reasonably achievable (so gering wie vernünftigerweise erreichbar)
ÄndG	Änderungsgesetz
AP1000	Advanced Passive Reactor 1000
APuZ	Aus Politik und Zeitgeschichte (Zeitschrift)
Art.	Artikel
AT	Österreich
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
AtStrlSV	Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz
AV	averted dose
Ba	Barium
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BG	Bulgarien
BL	Beschänkung des Lebensmittelverzehrs
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BODSTR	Bodenstrahlung
Bq	Becquerel
Bq/kg	Becquerel pro Kilogramm
Bq/l	Becquerel pro Liter
Bq/m^2	Becquerel pro Quadratmeter
Bq/m^3	Becquerel pro Kubikmeter
BSE	bovine spongiforme Enzephalopathie (Rinderwahn)
BSS	basic safety standards
C	Coulomb
CA	Competent Authorities
ca	circa
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CDF	cumulative distribution function (Verteilungsfunktion)
CDU	Christlich Demokratische Union Deutschlands
Ce	Cer

CEZ	Czech state power company (Staatliches Energieversorgungsunternehmen in Tschechien)
CH	Schweiz
CIGI	Centre for International Governance Innovation
CNRA	Committee on Nuclear Regulatory Activities
CRPPH	Committee on Radiation Protection and Public Health
Cs	Cäsium
CTBT	Vertrag zum Verbot von Kernwaffenwaffenversuchen
CY	Zypern
d	days
d.h.	das heißt
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DE	Deutschland
DE ND*a	Dampferzeuger-Heizrohr-Leck (unter Umgehung des Sicherheitsbehälters durch Primärkreis) ohne ausreichende Wasservorlage im defekten Dampferzeuger bis zum Durchschmelzen des Reaktordruckbehälters (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B)
DE ND*B	Dampferzeuger-Heizrohr-Leck (unter Umgehung des Sicherheitsbehälters durch Primärkreis) mit Wasservorlage im defekten Dampferzeuger (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B)
DFIU	Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung
DG	Directorate-General (European Commission)
DG Ener	European Commission's Directorate-General for Energy
DK	Dänemark
DOE	Department of Energy (USA)
DWD	Deutscher Wetterdienst
EC	European Commission
ECURIE	European Community Urgent Radiological Information Exchange
ED	effektive Dosis, effective dose
EGRPF	Expert Group on the Radiation Protection Aspects of the Fukushima Accident
EG-SAM	Expert Group on Occupational Radiation Protection in Severe Accident Management and Post-accident Recovery
EHEC	enterohämorrhagische escherichia coli (krankheitsauslösende Stämme des Darmbakteriums Escherichia coli)
EIA	environment impact assessment
ENSEMBLE	Europäisches Forschungsprojekt zur Harmonisierung von Vorhersagen zur Ausbreitung radioaktiver Kontamination aus verschiedenen atmosphärischen Transportmodellen.
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
EP	emergency preparedness

EPAL	Emergency preparedness and action levels
EPD	Extended planning distance
EPR	European Pressurized Reactor
ER	external radiation
ES	Spanien
ESBWR	Economic and Simplified Boiling Water Reactor
ESK	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
et al	et alii
EU	Europäische Union
EUR	European Utility Requirements
EURANOS	EURopean Approach to Nuclear and radiOlogical emergency management and rehabilitation Strategies
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
EURDEP	European Radiological Data Exchange Platform
EV	Evakuierung
EVATECH	Evaluation Techniques in Nuclear Emergency Management
EWSA	Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschusses der Europäischen Union
F	Frankreich
FAO	Food and Agriculture Organization (Welternährungsorganisation)
FDP	Freie Demokratische Partei
FGL	Fläche zwischen Gleichverteilungsgerade und Lorenzkurve
FI	Finnland
FK	Freisetzungskategorie
FS	deutsch-schweizerischer Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.
FuL	Fläche unterhalb der Gleichverteilungsgeraden“
G7/G8	der Gruppe der Sieben (G7) / der Gruppe der Acht (G8)
GAO	US Government Accountability Office
GAU	größter anzunehmender Unfall
ggf.	gegebenenfalls
GKN-2	Kernkraftwerk Neckar 2
GMLZ	Gemeinsame Melde- und Lagezentrum
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit
GS-G-2	Safety Guide on Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency (IAEA)
GS-G-2.1	Guidance on general aspects of emergency preparedness (IAEA)
GSI	Gini-Simpson-Index

GS-R-2	Safety Requirement on Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency
Gy	Gray
h	Stunde
HD	Hochdruckpfad
HERCA	Heads of European Radiation Control Authorities
HR	Kroatien
Hr.	Herr
HU	Ungarn
I	Iod, Jod
i.V.m.	In Verbindung mit
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAEO	Internationale Atomenergieorganisation
IB	Iodine Blocking, Jodblockade
ICPD	ingestion and commodities planning distance
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IE	Irland
ILK	Internationale Länderkommission
IMIS	Integriertes Mess- und Informationssystem
INES	International Nuclear Event Scale
ING	Ingestion
Ing	Ingestion
Inh	Inhalation
INHRES	Inhalation (Resuspension)
INHW	Inhalation (aus der Wolke)
INPO	Institute of Nuclear Power Operations (USA)
INSAG	International Nuclear Safety Advisory Group
IPPNW	International Physicians for the Prevention of Nuclear War (Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges)
IQR	Interquartilrange
IRPA	International Radiation Protection Association
IT	Italien
J	Joule
JP	Japan
KBR	Kernkraftwerk Brokdorf
KRB-IIB	Kernkraftwerk Gundremmingen Block B

KRB-IIC	Kernkraftwerk Gundremmingen Block C
Kerma	kinetic energy released per unit mass, kinetic energy released in matter
keV	Kilo-Elektronenvolt
kg	Kilogramm
KKE	Kernkraftwerk Emsland
KKG	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld
KKI	Kernkraftwerk Isar
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg (Schweiz)
KKP-2	Kernkraftwerk Philippsburg 2
KKW	Kernkraftwerk
KKWe	Kernkraftwerke
km	Kilometer
KONTH	Kontamination der Haut
KSA	Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
kV	Kilovolt
KWG	Kernkraftwerk Grohnde
l	Liter
La	Lanthan
LD	Letale Dosis
LET	linearer Energietranfer, lineares Energieübertragungsvermögen
LNT	linear no threshold
LT	Litauen
LU	Luxemburg
LWR	Leichtwasserreaktor
m	Meter
M.a.W.	Mit anderen Worten
MAD	Median absolute Deviation
MeV	Mega-Elektronenvolt
MIC	Monitoring and Information Centre
MK	Mazedonien
MOFA	Ministry of Foreign Affairs (Japan)
MOX	Mischoxid
mSv	Millisievert, (milliSievert)
MW(th)	Megawatt (thermische Leistung)
n.a.	not available

NA	no answer
ND	Niederdruckpfad Gezielte Druckentlastung bei 0,6 MPa und Freisetzung über Kamin (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B) /
ND*	Erhöhte Leckage des Sicherheitsbehälters (10 cm^2) über Ringraum und Hilfsanlagengebäude (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B)
NEA	Nuclear Energy Agency
NEF	Nuclear Energy Futures Project
NERIS	European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery
NGO	Nichtregierungsorganisation
NGOs	Nichtregierungsorganisationen
NL	Niederlande
NPT	Non-Proliferation Treaty
NRC	Nuclear Regulatory Commission (USA)
NSSG	Nuclear Safety and Security Group
NVV	Nuklearer Nichtverbreitungsvertrag
o.a.	oben angegeben
o.g.	oben genannt
OD	organ dose
OIL	operational intervention level
PAZ	Precautionary action zone
PD	projected dose
PEMA	Pennsylvania Emergency Agency
PL	Polen
PLR	Primärkreisleck im Ringraum (ohne Wasserstoff-Explosion im Sicherheitsbehälter und Ringraum (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B)
PLUTO	Programmsystem nach dem Leitfaden für den Fachberater Katastrophenschutz bei kerntechnischen Unfällen für den Fachberater Strahlenschutz und Technik vor Ort (Computerprogramm)
R&D	Research and Development
RadGrundL	Radiologische Grundlagen
RANET	radiation network
RBMK	graphitmoderierter Reaktor sowjetischer (russischer) Bauart
RBW	relative biologische Wirksamkeit
RD	residual dose
REM	Radioactivity Environmental Monitoring
RO	Rumänien

RODOS	real-time on-line decision support (Computerprogramm zur Entscheidungsunterstützung)
RSK	Reaktorsicherheitskommission
SAFER2	Strahlenexposition als Folge eines Reaktorunfalls 2 (Computerprogramm)
SARS	Severe Acute Respiratory Syndrome (Infektionskrankheit)
SBV	Großflächiges Sicherheitsbehälterversagen (Freisetzungsszenario Deutsche Risikostudie Phase B)
SD	Schilddrüsendosis
SI	Système international d'unités (Internationales Einheitensystem)
SK	Slowakei
SN	Senegal
sog.	sogenannt
SPD	Sozialdemokratische Partei Deutschlands
SRSA	Swedish Radiation Safety Authority
SSK	Strahlenschutzkommission
StrSchV	Strahlenschutzverordnung
StrVG	Strahlenschutzvorsorgegesetz
SUJB	State Office of Nuclear Safety (Atomaufsichtsbehörde in Tschechien)
Sv	Sievert
TASS	russische Nachrichtenagentur
TBq	Tera-Bequerel
Te	Tellur
TEPCO	Tokyo Electric Power Company
TF	Themenfelder
therm	thermisch
TMI	Three Mile Island; (Kernkraftwerk)
TSO	Technical Support Organization
TÜV	Technischer Überwachungsverein
tz	Tageszeitung (Münchener Zeitung)
u.a.	unter anderem, unter anderen
UdSSR	Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, Sowjetunion
UK	Vereinigtes Königreich, Großbritannien
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
UNEP	United Nations Environment Programme

UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
US	United States
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
USBV-A	atomare unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VI	very important
Vs/NfD	Verschlusssache – nur für den Dienstgebrauch
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators‘ Assiciation
WGE	Working Group on Emergencies
WGPC	Working Group on Public Communication of Nuclear Regulatory Organisations
WHO	World Health Organization (Weltgesundheitsorganisation)
WMO	World Meteorological Organization, Weltorganisation für Meteorologie
WNA	World Nuclear Association
WPNEM	working party on nuclear emergency matters
WSTR	Wolkenstrahlung
WWER	water-water reactor
WWF	World Wildlife Fund
Xe	Xenon
z.B.	Zum Beispiel
ZSG	Zivilschutzgesetz

Vorwort und Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während der Tätigkeit des Verfassers als Referent bzw. Leiter des Referats „Radioökologie, Überwachung der Umweltradioaktivität, Notfallschutz“ im Bundesumweltministerium (seit 2014: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit).

Das Thema der Arbeit ergab sich aus dem Kontext der Aufgaben und dienstlichen Tätigkeiten. So wird seit Jahren im Zusammenhang mit der Erarbeitung von Empfehlungen zum bundeseinheitlichen Vorgehen im Management des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge im Fall eines kerntechnischen Unfalls das Problem inkonsistenter Maßnahmen durch unterschiedliche Institutionen gesehen – wie dies in Tschernobyl 1986 der Fall war. Entsprechende Erkenntnisse über Inkonsistenzen nationaler Notfallschutzplanungen bei Kernkraftunfällen mit grenzüberschreitenden Auswirkungen wurden auch in bilateralen Gremien und internationalen Arbeitsgruppen gewonnen.

Das Thema ist unverändert aktuell, wie das Fukushima-Unglück 2011 gezeigt hat, das während der Anfertigung dieser Arbeit stattfand. Die Harmonisierung im nuklearen und radiologischen Notfallschutz wird darüber hinaus in Europa durch die neuen EURATOM-Grundnormen zum Schutz gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlung an Bedeutung gewinnen, in denen erstmals Regelungen in Notfallexpositionssituationen („emergency exposure situations“) enthalten sind. Diese Erneuerungen des europäischen Strahlenschutzrechts sind bis 2018 in nationales Recht umzusetzen.

Für die Arbeit war der über 15 Jahre bestehende berufliche Erfahrungsaustausch in zahlreichen Gremien des In- und Auslandes hilfreich und der Verfasser profitierte von anregenden Diskussion mit Experten unterschiedlichster Fachrichtungen, von denen an dieser Stelle zwei genannt seien: Herr Dr. Christian Krause (Reaktortechnik) und Herr Prof. Dr. Ernst-Erich Doberkat (Informatik).

Besonders danken möchte ich dem Lehrstuhlinhaber für Internationale Beziehungen und Vergleichende Regierungslehre, Herrn Prof. Dr. Ulrich Menzel, dass ich bei ihm das Thema im Rahmen eines Dissertationsprojekts am Institut für Sozialwissenschaften der Technischen Universität Braunschweig bearbeiten durfte. Ebenso danke ich für die wertvollen Anregungen bei der Abfassung der Arbeit, die thematisch zwischen Politikwissenschaften und Physik liegt.

Herrn Prof. Dr. Fred Litterst, Institut für Physik der Kondensierten Materie der Technischen Universität Braunschweig, danke ich herzlich für die Übernahme der Zweitbegutachtung.

Beiden Gutachtern danke ich insbesondere für die Betreuung und ihre Unterstützung meines Dissertationsprojekts.

1. Problemstellung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist Risk Governance im Zusammenhang mit dem Notfallschutz und der nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen, die den Strahlenschutz der Bevölkerung in der vorbereitenden Planungsphase (Notfallplanung) und im Ereignisfall (Notfallmanagement) umfassen. Anlass zu dieser Arbeit waren Defizite bei der Notfallschutzplanung, die sich bei der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen zeigten.

Gefährdungen, die von Kernkraftwerken und von Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs ausgehen, können, wie sich gezeigt hat, nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Daher ist bei der Nutzung der Kernenergie der Schutz des Lebens und der Gesundheit, aber auch von Sachgütern, Umweltmedien (Luft, Wasser, Boden) sowie von natürlichen Lebensgrundlagen vor diesen Gefahren wegen der in Notfallsituationen länderübergreifenden Auswirkungen von schweren Unfällen eine globale Aufgabe. In der Geschichte der Kernenergienutzung gab es mehrere Reaktorunfälle mit Freisetzungen von Radioaktivität, die jedoch 1986 erstmals großes weltweiteres Interesse hervorgerufen haben: In diesem Jahr ereignete sich der schwere Reaktorunfall von Tschernobyl in der damaligen Sowjetunion. Ungefähr ein Vierteljahrhundert später erfolgte im März 2011 der Unfall im japanischen Kernkraftwerk Fukushima. Beide Ereignisse haben der Weltöffentlichkeit gezeigt, dass von der Kernenergienutzung eine Bedrohung für Mensch und Umwelt ausgehen kann. Radioaktivität birgt erhebliche Risiken, wenn sie im Zusammenhang mit unkontrollierten Energiefreisetzungen in die Umwelt gelangt. Im Fall katastrophaler Unfälle ist mit erheblichen gesundheitlichen, ökonomischen und sozioökonomischen Auswirkungen zu rechnen.

Reaktoren, die auch zur Erzeugung von militärisch genutzten Kernspaltmaterial eingesetzt werden bzw. zur Stromerzeugung genutzte Kernkraftwerke sind neben Wiederaufarbeitungsanlagen die auf Grund ihrens großen Energieinhaltes sicherheitstechnisch bedeutendsten Anlagen, d.h. Anlagen mit dem höchsten Risikopotenzial. Auch von anderen Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs[1] können in geringerem Umfang Gefahren durch Radioaktivität ausgehen. Diese Anlagen dienen zum Beispiel zur Uranerzgewinnung, zur Uranerzaufbereitung und zur Brennstoffherstellung. In diesen Produktionsprozessen wird radioaktives Material verarbeitet, indem Uranhexafluorid hergestellt, bestimmte spaltbare Uranisotope angereichert und Brennelemente für Kernkraftwerke hergestellt werden. Weitere Anlagen des nuklearen Brennstoffkreislaufs sind Wiederaufarbeitungsanlagen und Entsorgungsanlagen. Zu den

1 vgl. Bünemann 1992: 67–78

Entsorgungsanlagen zählen Lager für Spaltprodukte[2], Verglasungseinrichtungen sowie Brennelement-Zwischenlager und Endlager für abgebrannte Brennelemente und radioaktiven Abfall.

Mit Kernkraftwerksunfällen sind in dieser Arbeit Ereignisse mit Schäden gemeint, bei denen (z.B. durch äußere Einwirkungen) bauliche und konstruktive Einrichtungen in Kernkraftwerken versagen und in deren Folge es zu unkontrollierten großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung kommt. In dieser Arbeit bildet das Themenfeld „Notfallschutz bei Kernkraftwerksunfällen" einen Schwerpunkt, das in der Öffentlichkeit wegen der vermuteten bzw. vorhandenen Defizite beim Unfall von Fukushima von aktuellem Interesse ist und intensiv diskutiert wird. So stehen neben der Frage der Sicherheit der Kernkraftwerke die nationalen Konzepte der Staaten zu Notfallschutzvorsorge und Schutzmaßnahmen bei der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen auf dem Prüfstand. Es wird erwartet, dass der Erfahrungsrückfluss aus Fukushima zur Verbesserung der Planungen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge im Falle eines Reaktorunglücks beiträgt und dass eine internationale Harmonisierung mit dem Ziel der Umsetzung länderübergreifender und konsistenter Schutzmaßnahmen erfolgen wird.

Die Abwehr von Gefährdungen durch Radioaktivität, die bei schweren Reaktorunglücken - wie in Tschernobyl und Fukushima - vor nationalen Grenzen nicht Halt machen, erfordert das Handeln von Staaten sowie das gemeinsame Handeln von Staatengemeinschaften und internationalen Organisationen, das darauf ausgerichtet ist, die Unversehrtheit der Bevölkerung und ihrer Lebensgrundlagen durch Notfallmaßnahmen und Strahlenschutzvorsorge zu sichern.

Diese Schutzaufgabe besitzt wegen der in den letzten Jahrzehnten fortschreitenden Internationalisierung der Wirtschaft und, darüber hinausgehend, wegen der stetig gewachsenen wechselseitigen Verflechtung von ökonomischen, ökologischen, kulturellen und politischen Beziehungen und des damit einhergehenden Zusammenwachsens bisher getrennter nationaler Gesellschaften einen globalen Charakter.

Mit der Globalisierung, die Menzel mit der Kurzformel „*Kompression von Raum und Zeit*"[3] als „*Prozeß der Vertiefung und Beschleunigung von grenzüberschreitenden Transaktionen bei deren gleichzeitiger räumlicher Ausdehnung*"[4] beschreibt, geht Global Governance als eine neue

2 Spaltprodukte sind die „in der Regel hochradioaktive Bruchstücke", die bei „einer spontanen oder induzierten Spaltung eines schweren Elements" entstehen, vgl. Grupen et al. 2008: 303.
3 Menzel 2001: 226
4 Menzel 2001: 226

Qualität der internationalen Politik einher. Diese ist nach Behrens gekennzeichnet durch „*Koordinationsleistungen, die nicht allein von Staaten, sondern von einer Vielzahl gesellschaftlicher Akteure auf verschiedenen Ebenen lokaler, nationaler, regionaler sowie internationaler Politik erbracht werden*."[5] Eine dieser internationalen Aufgaben besteht in der Vermeidung von Risiken der Nutzung von Kernenergie zu friedlichen Zwecken und insbesondere in der Verhinderung von schweren kerntechnischen Unfällen mit möglicherweise grenzüberschreitenden Folgen. Um diese Ziele zu erreichen, sind z.B. für neue Kernreaktoren weltweit einheitliche internationale Sicherheitsstandards mit einem wesentlich höheren Schutzniveau als bisher erforderlich.

Die vorliegende Arbeit lässt sich in den Bereich der Global Governance nuklearer Risiken einordnen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass es verschiedene Risiken und somit diesbezüglich drei verschiedene Kategorien von Sicherheit gibt. So unterscheidet man bei dem Begriff Sicherheit zwischen Sicherheit als "Summe aller Schutzmaßnahmen zu Gunsten des Einzelnen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung" (Safety) einerseits und Sicherheit „im Sinne von innerer und äußerer Sicherheit" (Security) andererseits. Ein weiterer Sicherheitsbegriff bezieht sich auf die nukleare Nichtverbreitung (Nonproliferation) und deren Kontrolle (Safeguard). „*Safeguard ist die Kontrolle um zu gewährleisten, dass die Staaten nicht ihre abgegebenen Erklärungen sowie die unterfertigten und ratifizierten Vereinbarungen brechen, nukleares Material oder Technologie nicht zu nutzen, um Nuklearwaffen zu entwickeln oder andere nukleare Sprengmittel zu bauen*".[6]

Um den verschiedenen Aspekten der nuklearen Risiken und den dazugehörenden Sicherheitsbegriffen Rechnung zu tragen, wird vorgeschlagen, dem Begriff Global Governance je nach Kontext mit eigenen Namen zu benennen.[7] So soll Nuclear Risk Governance die Global Governance nuklearer Risiken kennzeichnen und die folgenden drei Governance-Begriffe zusammenfassen:

1) Nuclear Safety Governance, die sich auf die Sicherheit der Planung und des Betriebs von Nuklearanlagen sowie auf die Vermeidung von Unfällen mit radiologischen Auswirkungen und von schweren Unfällen mit Notfallexpositionssituationen bezieht,

5 Behrens 2010: 104
6 Schärf 2008: 41
7 Es wird in der vorliegenden Arbeit bei der Einführung der neuen Begriffe „Nuclear Risk Governance, Nuclear Safety Governance, Non-Proliferation Governance, Nuclear Emergency Governance" auf eine Übersetzung in die deutsche Sprache verzichtet, da der englische Begriff „Governance" sich im deutschen Sprachraum etabliert hat.

2) Nuclear Security Governance, die sich auf die nukleare Sicherung durch Prävention, Aufdeckung und Abwehr von terroristischen und kriminellen Bedrohungen bezieht, bei denen radioaktive Stoffe oder Sprengvorrichtungen, die jeweils auf radioaktive Kontaminationen ausgerichtet sind, eine Rolle spielen und
3) Non-Proliferation Governance, die der Verhinderung der Verbreitung von nuklearen Massenvernichtungswaffen durch Exportkontrollen und Beschränkung von Technologietransfer dient.

Zentraler Punkt der vorliegenden Untersuchung ist Nuclear Safety Governance im Zusammenhang mit der Sicherheit von Kernkraftwerken. Wie am Beispiel der sogenannten europäischen Stresstests für Kernkraftwerke zu erkennen ist, bildet derzeit die Sicherheit im Nuklearsektor einen Schwerpunkt der Internationalen Politik. Dabei liegt die besondere Betonung in der vorliegenden Arbeit auf dem Notfallschutz (Katastrophenschutz und Strahlenschutzvorsorge), der nach dem Ereignis von Fukushima 2011 erneut aktuelle Bedeutung bekommen hat.

Ziel der Nuclear Safety Governance ist ein hohes Sicherheitsniveau bei kerntechnischen Anlagen, zu dem das sogenannte „Nuclear Safety Regime“ beiträgt. Das Nuclear Safety Regime wird von der INSAG[8], einem Beratergremium der Internationalen Atomenergieagentur (IAEA), dessen Mitglieder nach den Statuten (terms of reference) hochrangige Fachleute[9] sind, wie folgt definiert:

„*The Global Nuclear Safety Regime is the framework for achieving the worldwide implementation of a high level of safety at nuclear installations*“.[10] „*The Global Nuclear Safety Regime is defined […] as the institutional, legal and technical framework for ensuring the safety of nuclear installations throughout the world. The objective of this regime is to lead to a world where all nuclear installations are operating safely*”.[11]

Ein Teil dieser Arbeit befasst sich mit konsistenten Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung nach einem schweren Reaktorunfall, für den zwei Merkmale charakteristisch sind: die Folgen der Freisetzungen von radioaktiven Stoffen haben grenzüberschreitenden Charakter und die Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge erfordern folglich grenzüberschreitend ein koordiniertes und einheitliches Vorgehen der zuständigen Behörden. Dazu werden in dieser Arbeit diesbezüglich Unzulänglichkeiten an Beispielen von Reaktorunfällen und

8 Die Abkürzung INSAG stand ursprünglich für “International Safety Advisory Group”, aus dem die „International Safety Group“ hervorgegangen ist.
9 „*experts with high professional competence in the field of safety working in regulatory organizations, research and academic institutions and the nuclear industry*“ (International Nuclear Safety Group 2003: 1).
10 International Nuclear Safety Group 2006: 1
11 International Nuclear Safety Group 2003: 5

deren Bewältigung analysiert, Ansätze zur grenzüberschreitenden Harmonisierung im Notfallschutz betrachtet und, auf Grund der Erfahrungen von Fukushima, Vorschläge unterbreitet. Diese sollen den Zielen dienen, bei Kernkraftwerksunfällen zur internationalen Harmonisierung des Notfallschutzmanagements beizutragen sowie im Rahmen der Gefahrenabwehr die nukleare Sicherheit und den Strahlenschutz für die Bevölkerung zu verbessern. Mit der vorliegenden Arbeit soll aufgezeigt werden, dass sich für die behandelten Politikfelder des internationalen Notfallschutzes und der nuklearen Sicherheit, die Ausprägung von Governance kontextbezogen präzisieren lässt, die zu den Begriffen Nuclear Risk Governance, Nuclear Safety Governance und Nuclear Emergency Governance führt.[12]

Weitere Teile dieser Arbeit betreffen Untersuchungsgegenstände, die im Zusammenhang mit Nuclear Safety Governance und einem künftig zu verbessernden Nuclear Safety Regime stehen. Untersucht werden folgende Fragen

1) Was kennzeichnet Nuclear Risk Governance und deren Facetten, insbesondere Nuclear Safety Governance, und in welchem theoretischen Bezugsrahmen wird die Arbeit durchgeführt?
2) Welches sind die treibenden Faktoren (drivers) und Hemmnisse (constraints) für staatliche Akteure, Nuklearstaaten zu werden bzw. welche Konsequenzen haben Kernkraftwerks-unfälle auf die nationalen Energiepolitiken der Staaten?
3) Welche Antworten hat die Staatengemeinschaft auf die internationalen Herausforderungen zur nuklearen Sicherheit nach Three Miles Island und insbesondere nach Tschernobyl gegeben?
4) Welche Unzulänglichkeiten in dem Nuclear Safety Regime haben dazu beigetragen, dass die Reaktorkatastrophe von Fukushima nicht verhindert wurde?
5) Welche Ansätze zur Verbesserung und Harmonisierung des Notfallschutzes lassen sich auf den Gebieten der Reaktorsicherheit und des Strahlenschutzes ableiten und wie sollte ein internationales Regime im Umgang mit Nuklearunfällen beschaffen sein?

Präventiver Notfallschutz dient der vorausschauenden Problemvermeidung durch vorbeugende Planungen und Maßnahmen. Tritt dennoch eine Katastrophe mit radiologischen Konsequenzen ein, so dient der mitigative Notfallschutz dazu, die Folgen abzumildern. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage: Welche Folgerungen lassen sich für den präventiven und mitigativen

12 Auf deutsche Übersetzungen der verschiedenen Governance-Begriffe wird, wie in Fußnote 7 erwähnt, verzichtet, weil es keine direkte deutsche Übersetzung von „Governance“ mit entsprechender Bedeutung gibt und in der Politikwissenschaft dieser englische Begriff in die deutsche Sprache übernommen wurde.

Notfallschutz auf unterschiedlichen Ebenen (Multilevel Governance) in Organisationen oder Regierungssystemen nach dem Fukushima-Unglück national und international ziehen? Hierbei sind einerseits die Besonderheit des Föderalismus in Deutschland und anderseits neben öffentlichen Akteuren aus Staaten und internationalen Organisationen auch gesellschaftliche Akteure (Netzwerke, Verbände, Vertreter der Industrie, Nicht-Regierungsorganisationen, Vereine und private Gruppen) zu berücksichtigen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird aufgezeigt, dass bei Reaktorunfällen wie Tschernobyl und Fukushima durch unzureichende, falsche oder sich widersprechende Maßnahmen der Behörden die Glaubwürdigkeit der verantwortlichen Stellen in Frage gestellt, die Lage in der Bevölkerung verschlechtert und letztlich die Krisensituation zugespitzt wurde. Die Ursachen dafür sind vielfältig, z.B. könnten Gründe das mangelnde Wissen über Strahlungsrisiken oder unterschiedliche Vorstellungen über Grenzwerte und sogenannte Eingreifrichtwerte sein, die der Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung zu Grunde liegen. Auch können widersprüchliche nationale Richtlinien und eine unzureichende Beratung der Behörden durch Experten ursächlich sein. Um zu ermitteln, ob die Vorstellungen von Experten zum Notfallschutz im Einklang stehen, wurde eine schriftliche Befragung durchgeführt. So wurden die maßgeblichen Berater und Verantwortlichen in den nationalen zuständigen Behörden um Auskunft gebeten, inwieweit sie z.B. bestimmten Grundsätzen für die Einleitung von Maßnahmen im Ereignisfall eines Reaktorunglücks zustimmen und ob sie sich bei Konzepten für die Festlegung von Eingreifrichtwerten und die Einleitung von Schutzmaßnahmen einig sind. Die Ergebnisse der Befragung sollen sich mit einem Aspekt in der nachstehenden, darüber hinausgehenden Untersuchungsfrage der Arbeit befassen:

Welche Vorgehensweisen sollten gewählt werden, um trotz vorhandener Hindernisse ein internationales Regime im Umgang mit Nuklearunfällen zu schaffen, das geeignet ist, einen angemessenen Schutz der Bevölkerung in Deutschland und grenzüberschreitend in den Nachbargebieten Deutschlands zu ermöglichen?

Wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wird, bestehen Defizite im nationalen Notfallmanagement, die beseitigt werden sollten. Eine andere Frage ist, ob in Deutschland der Schutz der Bevölkerung bei Kernkraftunfällen bisher ausreichend ist. Die abschließende Antwort hierauf kann nur durch die Politik gegeben werden. Sie hängt maßgeblich von den Annahmen der Entscheidungsträger, z.B. über das Sicherheitsniveau der europäischen Kernkraftwerke und über die Bedeutung des Restrisikos ab, die seit dem Reaktorunfall von Fukushima neu zur Debatte stehen.

Kernkraftwerksunfälle mit erheblichen Freisetzungen von Radioaktivität haben immer grenzüberschreitende Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und erfordern ein koordiniertes Zusammenwirken staatlicher Stellen und anderer Akteure, um mittels konsistenter Maßnahmen einen vergleichbar hohen Schutz der Bevölkerungen zu gewährleisten.

Iin der Literatur findet sich keine übergreifende Zusammenfassung und keine tiefer gehende Betrachtung des anlagenexternen Notfallschutzes. So gibt es bisher keine Arbeit, die von den bisherigen Reaktorunfällen ausgeht, deren oft unzureichende Bewältigung durch Behörden analysiert und Wege zu einer verbesserten grenzüberschreitenden Notfallschutzplanung aufzeigt. Letzteres kann nur durch eine Koordinierung und Steuerung im Rahmen einer umfassenden internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit erreicht werden. Damit ist das Themenfeld Global Governance betroffen. Insoweit grenzt sich die vorliegende Arbeit auch von bisher vorliegenden Publikationen zum nuklearen Notfallschutz ab, deren Focus auf andere Aspekte des Notfallschutzes gerichtet ist.

Zum Notfallschutz selbst gibt es zahlreiche Veröffentlichungen. Insbesondere sind Beiträge in den vom Arbeitskreis Notfallschutz des deutsch-schweizerischen Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. (FS) herausgegebenen Bänden zu nennen, die sich einzelnen Schwerpunktthemen widmen, darunter Fragen zu Schutzmaßnahmen, Messungen von Radioaktivität und zu medizinischen Aspekten des Notfallschutzes sowie zu Informationen für die Bevölkerung bei Kernkraftwerksunfällen.[13]

Zu grenzüberschreitenden Aspekten des Notfallschutzes fand im März 1999 in Zürich ein Seminar des Fachverbandes für Strahlenschutz (FS) statt, dessen Beiträge sich vorrangig mit den Gegebenheiten zwischen Deutschland, Österreich, Frankreich und der Schweiz befassten und in einem Sammelband[14] veröffentlicht wurden. Die 33 Beiträge dieses Sammelbandes behandeln jedoch lediglich Einzelaspekte[15] zu den Themenbereichen des Notfallschutzes bei kerntechnischen Unfällen.

---

13 Im Einzelnen befassen sich die Bände mit den Themen „Stand des Notfallschutzes in Deutschland und der Schweiz“ (Baggenstos/Bayer 1994), „Informationen von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall“ (Bayer/Baggenstos 1997; Bayer 1997), „Messen und Rechnen im Notfallschutz“ (Bayer/Leonardi 2001), „Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen“ (Bayer et al. 2007) und „Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht“ (Bayer et al. 2008).

14 Bayer et al. 1999

15 Bayer/Rauber 1999. Im Einzelnen betreffen die Themengebiete „Grundlagen“ (Bayer/Rauber 1999) und deren „Umsetzung in nationales Recht“ (Korn 1999), „Aufgaben und Hilfsmittel des Notfallschutzes, organisatorische Strukturen der Notfallorganisation in den einzelnen Ländern“ (z.B. Miska 1999b), „bilaterale Abkommen und deren Umsetzung“ (Bühler 1999; Mück et al. 1999; Rauber et al. 1999), „Entscheidungsprozesse und Sofortmaßnahmen in der Frühphase eines Ereignisses“ (Voegtli 1999), „Entscheidungsprozesse und

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Themen innerhalb des Themenfeldes „Notfallschutz bei Kernkraftunfällen“, die wie folgt eingegrenzt werden: Der anlageninterne Notfallschutz mit seinen anlagenbezogenen Maßnahmen zur Verhinderung von Störfallfolgen wird nicht behandelt. Diese Maßnahmen liegen in der Verantwortung der Betreiber von Kernkraftwerken. Gegenstand dieser Arbeit ist der nach den jeweiligen Erkenntnissen weiterentwickelte anlagenexterne Notfallschutz, deren Verantwortlichkeiten in Deutschland auf Bund und Länder verteilt sind.[16] Ebenfalls nicht näher betrachtet werden durch vorsätzliche Freisetzung radioaktiver Stoffe verursachte Notfälle, die zur nuklearspezifischen Gefahrenabwehr bei terroristischen Bedrohungen (z.B. durch einen gezielten Flugzeugabsturz auf Kernkraftwerke) gehören.[17] Die gegenwärtige Literatur zum Notfallschutz beschreibt, wie erwähnt, jeweils nur spezielle Aspekte, darunter die Bereiche Information[18], technische Systeme[19], Maßnahmen[20] und Übungen[21] und behandelt lediglich Einzelthemen zum Notfallschutz. Bisher ist kein Beitrag verfügbar, der über Einzelthemen hinaus einen Überblick über den aktuellen Stand des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen gibt und Wege für die Weiterentwicklung aufzeigt. Es gibt einen Artikel über „Konsequenzen aus Störfällen bei der Kernenergieerzeugung“[22] aus dem Jahr 2008 mit einem kurzen Überblick über das seit dem Tschernobyl-Unfall in Deutschland entstandene anlagenexterne radiologische Notfallmanagement, jedoch bisher keine umfassende Darstellung zu diesem Bereich, die auch die internationalen Aspekte des Notfallschutzes berücksichtigt.

Langzeitmaßnahmen in der Spätphase eines Ereignisses“, „messtechnische Erfassung und Auswertung der radiologischen Lage“ (Neu 1999; Stöhlker et al. 1999), „bilateraler und internationaler Daten- und Informationsaustausch“ (Kaspar 1999), „Informationen der Bevölkerung“, „Erfahrungen aus grenzüberschreitenden Notfallschutzübungen“ (Miska 1999a; Wiest et al. 1999) und „bilaterale Hilfeleistung“ (Dumas/Neumann 1999).

16 Die Elemente des *anlageninternen Notfallschutzes* sind in Baggenstos 1994 beschrieben Eine Übersicht über die Struktur und Element des *anlagenexternen Notfallschutzes* findet man bei Bayer et al. 2001b. Zu den Besonderheiten des anlagenexternen Notfallschutzes in Deutschland gehören die beiden Komponenten *Katastrophenschutz* (Betzl 2008) und *Strahlenschutzvorsorge* (Miska/Bühling 2007). Der Stand des *anlagenexternen Notfallschutzes bei der Europäischen Union* wird in Vadé 1994 und bei *der Internationalen Atomenergieorganisation* in Weiss 1994a dargestellt, während Koch et al. 2007 das *Notfallmanagement eines Bundeslandes* beschreibt.

17 Notfälle durch vorsätzliche Freisetzung radioaktiver Stoffe werden in Stoffel et al. 2007 behandelt, die nuklearspezifische Gefahrenabwehr in Voß 2007.

18 Die zugehörige Literatur zur *Information* befasst sich mit „*Informationspflichten*“ (Braese 1997; Hille 1997; Probst 1997; Welte 1997; Wolf 1997), „*Austausch*“ (Blumer 1999; Obrecht et al. 2001; Peters 1997; Schenker-Wicki/Knaus 1994), „*Weitergabe*“ (Bittner et al. 1997; Eder 1997; Robischon 1997), „*Abstimmung*“ (Eberbach/Kaspar 1997), *„Kommunikation“* (Emde 1997; Erne 1997; Mück 1997), „*Akzeptanz*“ (Ruhrmann/Kohring 1997), „*Wahrnehmung*“ (Dombrowsky 1997), und *„Glaubwürdigkeit“* (Renn/Kastenholz 1997; Widmer 1997).

19 So werden in der Literatur technische Systeme im Notfallschutz für die Aufgaben „Entscheidungsunterstützung“ (Ehrhardt 2001; Schnadt et al. 1999) und „Umweltüberwachung“ (Weiss 1994b) behandelt.

20 Zu dem Gebiet der *Maßnahmen* gehören Beiträge zu den Themen: „*Richtwerte“* (Korn/Zindler 1994), „*Lagebeurteilung“* (Rauber 1994), „*Dekontamination“* (Friedel 2008), „*Maßnahmenkataloge*“ (Bittner 1994), *„medizinische Hilfe*“ (Meldau 2008; Reiners et al. 2008),*„technische Einsatzmittel“* (Prüßmann 2007, 2008) und *„Schutz der Einsatzkräfte“* (Wilbert 2008).

21 Zu den *Übungen* gehören Beiträge, die auf „*Aspekte der Schulung*“ (Bayer et al. 2001a; Schnadt 1994) und auf „*Erfahrungen aus Übungen*“ (Brunner 1999) eingehen.

22 Kuhlen 2008

Nuklearer Notfallschutz im Kontext mit Global Governance ist in der veröffentlichten Literatur bisher noch nicht näher betrachtet worden. Insgesamt liegen wenige Untersuchungen vor, die sich mit - anderen - Themenbereichen der zivilen Nutzung der Kernenergie aus Sicht einer Global Governance Perspektive befassen. Hierzu gehören Arbeiten von Aulbach und Findlay, auf die näher eingegangen wird.

Die Dissertation von C. Aulbach aus dem Jahr 2007 mit dem Thema „Global Governance der Kernenergiesicherheit – Die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Sicherheit der Kernenergienutzung in Osteuropa" ist 2008 als Buch[23] veröffentlicht worden. Inhaltlich unterscheiden sich die Themen von der vorliegenden Arbeit dadurch, dass es sich nicht um Fragen des Notfallschutzes sondern um die nach Beendigung des Ost-West-Konflikts möglich gewordenen Maßnahmen zur Überwindung der Gefahren geht, die von den Kernkraftwerken sowjetischer Bauart und insbesondere von Reaktoren des Tschernobyl-Typs ausgehen. Bei den Untersuchungsfragen im Zusammenhang mit Governance kommt Aulbach zutreffend zu dem Schluss: „*Für das Politikfeld internationale nukleare Sicherheit trifft die These von der Entstaatlichung der internationalen Politik - Governance without Government - nicht zu*".[24] Ebenso ist Aulbach zuzustimmen, wenn er auf Grund seiner beruflichen Erfahrungen zudem schlussfolgert: „*Im praktischen Ergebnis bedeutet Global Governance der nuklearen Sicherheit, dass sich nationalstaatliches Wirken mittels einer Kombination aus internationalen politischen Netzwerken und internationalen Organisationen vollzieht*."[25] Die Akteure und politischen Netzwerke, die sich mit den Fragen der Verbesserung der Betriebsführung, den technischen Sicherheitsertüchtigungen oder Stilllegungen von Reaktoren des Tschernobyl-Typs zum Beispiel im Rahmen der Osterweiterung der Europäischen Union oder von Initiativen der G7/G8-Staaten[26] befasst haben, sind jedoch andere als die, die sich mit dem Notfallschutz bei Kernkraftwerksunfällen, d.h. dem Thema der vorliegenden Arbeit, auseinandersetzen.

Schwerpunkt des Buches[27] von Findlay aus dem Jahr 2011 über „Nuclear Energy and Global Governance. Ensuring safety, security and non-proliferation" ist der damalige weltweite Trend zur Kernenergienutzung, der als „Renaissance der Kernkraft" bezeichnet wird. Findlay ist auch an mehreren Publikationen über die „Zukunft der Kernenergie bis zum Jahr 2030"[28] beteiligt. Diese

23 Aulbach 2008. Das Buch trägt den geänderten Titel „Global Governance nuklearer Risiken. Die internationale Zusammenarbeit zur Verbesserung der Kernenergiesicherheit in Osteuropa".
24 Aulbach 2008: 150
25 Aulbach 2008: 152
26 Die Mitgliedstaaten der Gruppe der G7 sind: Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Italien, Japan, Kanada, und die USA. Zu der Gruppe der G8 gehören alle G7-Staaten und Russland.
27 Findlay 2011
28 Findlay 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e; Fréchette/Findlay 2010

Publikationsreihe ist Ergebnis des Nuclear Energy Futures Project (NEF), das vom Centre for International Governance Innovation (CIGI), einer unabhängigen, überparteilichen Denkfabrik in Waterloo (Kanada), in dem Zeitraum von 2006 bis 2010 durchgeführt wurde. In seinem Buch über Nuklearenergie und Global Governance analysiert Findlay Vorzüge und Nachteile bei der Wahl der Option Kernenergie, die für Entscheidungen in der Energiepolitik der Staaten von Bedeutung sind. Er prognostiziert mögliche Chancen für eine „Renaissance der Kernkraft" zu einem Zeitpunkt, zu dem das Fukushima-Unglück noch nicht stattgefunden hat. Anders als die vorliegende Arbeit befasst sich Findlay mit den Auswirkungen der „Renaissance der Kernkraft" auf Global Nuclear Governance: *„The second question that this study seeks to answer is the likely impact of a nuclear energy revival on global nuclear governance. The three key areas of global nuclear governance cover safety, security and the non-proliferation of nuclear weapons"*.[29] Der von Findlay verwendete Begriff Global Nuclear Governance wird in den Kapitel 4 und 5 des Buches beschrieben.[30] Er wird auch in den vier Arbeiten von Findlay verwendet, die 2010 veröffentlicht wurden.[31] Der Inhalt dieser vier Arbeiten bezieht sich auf Fragen zur Zukunft der Kernenergie bis zum Jahr 2030 und den Implikationen für Sicherheit, Sicherung und Non-Proliferation, die sich ergeben, wenn man eine moderate „Renaissance der Kernkraft" unterstellt und darauf aufbauend die Entwicklungen der verschiedenen Energieträger für die nächsten Jahrzehnte prognostiziert.

Global Nuclear Governance im Sinne von Findlay geht über den in dieser Arbeit eingeführten Begriff Nuclear Risk Governance hinaus und umfasst auch wirtschaftliche Aspekte, z.B. das „international nuclear liability regime". Dagegen beschränkt sich das in der vorliegenden Arbeit betrachtete, zum Nuclear Risk Governance gehörende Regime nur auf solche Übereinkommen, die sich unmittelbar auf den nuklearen Notfallschutz beziehen.

2. Arbeitsmethode

Um zu Aussagen über nukleare Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen zu kommen, werden einige ausgewählte schwere Kernkraftwerksunfälle (Tschernobyl, Fukushima, Three Mile Island) betrachtet. Dazu gehört eine Darstellung des Ablaufs u.a. im Unfallland und in Deutschland, d.h. die Ermittlung von Befunden, z.B. von Mängeln im Notfallmanagement und deren Ursachen. Zudem werden die Folgerungen aus den Reaktorunfällen analysiert und ermittelt, welche Folgerungen in Deutschland und von der Staatengemeinschaft zum Schutz der Bevölkerung

29 Findlay 2011: 2
30 Findlay 2011: 100–154
31 Findlay 2010a, 2010b, 2010c, 2010d, 2010e, 2011; Fréchette/Findlay 2010

gezogen wurden. Unter den „Herausforderungen im Notfallschutz vor Fukushima“ werden einige wichtige negative bzw. positive Beispiele im Notfallschutz aufgezeigt und der Stand bis 2011 dargestellt: Zu den negativen Aspekten gehört die Tatsache, dass viele Bereiche international noch immer nicht einheitlich geregelt sind. Hierzu gehören z.B. Grenzwerte und Eingreifwerte für die Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung und die Verhaltensempfehlungen der Botschaften für die eigenen Staatsbürger, die sich beim Reaktorunfall im Unfallland aufhalten. Während diese Befunde zeigen, dass noch viele Hindernisse auf dem Weg zur Schaffung eines internationalen Regimes im Umgang mit Nuklearunfällen bestehen, gibt es auch ein paar erste Fortschritte: Zu den positiven Beispielen gehören die durchgeführten Stakeholder-Beteiligungen im Notfallschutz, sowohl national im Zusammenhang mit der Erstellung des Maßnahmenkatalogs und mit der Kommunikation mit der Öffentlichkeit im Rahmen einer Übung, dessen Szenario ein Kernkraftwerkunglücks war als auch international bei der Analyse der Entscheidungsfindungzur Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im nuklearen Notfall.

Schon vor dem Kernkraftwerksunfall von Fukushima war klar, dass Reaktorunfälle grenzüberschreitende Folgen haben können und die fehlende internationale Harmonisierung im Notfallschutz im Ereignisfall voraussichtlich zu inkonsistenten Maßnahmen und somit zum Beispiel in den Staaten der Europäischen Union zu einem uneinheitlichen Schutzniveau führen dürfte. Die Gründe und Ursachen für die inkonsistenten oder sogar widersprüchlichen nationalen Richtlinien sind mannigfaltig, wobei unterschiedliche Vorstellungen über Schutzkonzepte (einschließlich der Vorstellungen über Sinn und Zweck von Dosiswerten, Grenzwerten und Eingreifrichtwerten), verschiedene Konzepte für das Notfallmanagement und unzureichendes Wissen über Strahlenbelastungen eine Rolle spielen.

Um genauer zu ermitteln, ob die im Notfallschutz involvierten Akteure und insbesondere die auf diesem Gebiet tätigen Fachberater von Regierungen oder von staatlichen Stellen bei den radiologischen Grundlagen des Notfallschutzes eine einheitliche Auffassung vertreten, wurde im November 2010 eine schriftliche Befragung (Expertenbefragung) durchgeführt, die kurz vor dem Kernkraftunfall von Fukushima abgeschlossen wurde. Eine weitgehende Einigkeit unter Experten im radiologischen Notfallschutz wäre von Vorteil, weil damit die notwendigen Voraussetzungen für den Aufbau eines Expertennetzwerks bestehen könnten, das in diesem Wissensbereich Einfluss auf politischen Entscheidungen nimmt und somit die Chance auf die Schaffung eines international harmonisierten Notfallschutzes verbessert würden.

Diese Expertenbefragung ist die erste umfassende Befragung zu diesem Thema. Es wurde eine Vollerhebung durchgeführt: rund 600 Experten wurden weltweit angeschrieben und um Beantwortung eines Fragebogens mit mehr als 100 Fragen gebeten. Bei den Inhalten und den Beantwortungsmöglichkeiten der Fragen wurde methodisch eine Vorgehensweise gewählt, die weitgehend sicherstellt, dass keine Verfälschung durch die Befragung selbst erfolgen konnte: Zum einen bestanden die Frageninhalte aus Statements (Aussagen), die von den Untersuchungsteilnehmern nur quantitativ (mit ja/nein bzw. mit einem abgestuften Zustimmungsgrad) beantwortet werden konnten und zum anderen sind die Statements im Fragebogen selbst keine persönlichen Aussagen des Verfassers. Bei den Statements handelt es sich um wörtlich übernommene Texte aus einem Ergebnisbericht (Oslo-Report), der Positionen und Vorschläge einer internationalen Expertengruppe zur Harmonisierung des anlagenexternen Notfallschutzes in Europa beinhaltet. Dieser Bericht aus dem Jahr 2010 wurde in vierjähriger Arbeit von 25 Experten aus 13 europäischen Ländern in einer Arbeitsgruppe EPAL[32] erarbeitet. Um eine systematische Verzerrung in den Antworten zu vermeiden, gab es während der Expertenbefragung weder Hinweise auf die Herkunft der Statements noch auf die Existenz des Oslo-Reports. Zum Zeitpunkt der Befragung lag der Bericht selbst nur als internes Dokument der Arbeitsgruppe EPAL vor und war, da unveröffentlicht, nahezu allen befragten Experten unbekannt.

Die Bedeutung dieser Untersuchung liegt darin, dass - mit Blick auf Ähnlichkeiten oder Differenzen - erstmals einige Erkenntnisse über die Positionen der befragten Experten, die für die Politikberatung eine maßgebliche Rolle spielen, zu zentralen Fragen des nuklearen Notfallschutzes gewonnen wurden und sich als Ergebnis der Befragung herausstellte, dass sich beim Vergleich der Meinungen mit den Statements der internationalen Arbeitsgruppe EPAL sich eine bisher nicht bekannte Uneinheitlichkeit der Auffassungen unter den Experten offenbart. Dies dürfte vermutlich auch darauf zurückzuführen sein, dass bestimmte Positionen der Experten, die nebeneinander stehen, selbst Ergebnisse ausgehandelter Kompromisse und keine ausschließlich naturwissenschaftlich begründeten Aussagen sind.

Da die Uneinheitlichkeit unter den Experten schon bei den fachlichen Grundlagen beginnt, wird im Anhang dieser Arbeit[33] eine Zusammenstellung der Dosisbegriffe gegeben, in der die aktuellen Beiträge der Internationalen Strahlenschutzkommission berücksichtigt sind. Diese

32 Der Name der Arbeitsgruppe EPAL ist das Akronym für „Emergency Preparedness and Action Levels“.
33 Kapitel 12

Zusammenstellung kann als Basis für eine Vereinheitlichung der im nuklearen Notfallschutz erforderlichen Fachbegriffe dienen.

3. Theoretischer Rahmen

Gegenstand dieses Kapitels sind Konflikte, Interessen und Konsensfindung auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit im Zusammenhang mit Notfallsituationen als Folge von Kernkraftwerksunfällen. Als Rahmen wird der politikwissenschaftliche Begriff Governance verwendet. Nach Benz[34] lässt sich für den deskriptiv verwendeten Governance-Begriff ein „*konstanter Begriffskern*“ bestimmen, der – in Kurzform wiedergegeben – die drei Merkmale Aktion, Ziel und Grundlage beinhaltet: die Aktion ist gekennzeichnet durch ein zielgerichtetes „*Steuern und Koordinieren*“, das Ziel dient dem „*Management von Interdependenzen zwischen […] den Akteuren*“, was auf der Grundlage „*institutionalisierte[r] Regelsysteme, die das Handeln der Akteure lenken sollen*“, geschieht, wobei die „*Interaktionsmuster*“ (wie „*Netzwerke, Hierarchie, Mehrheitsregeln“*) in der Regel Organisationsgrenzen, insbesondere „*die Grenzen von Staat und Gesellschaft*“, überschreiten.

In einer Veröffentlichung der Fernuniversität Hagen[35] kennzeichnet der Begriff *Governance*„*zum einen den gegenwärtigen Wandel im Verhältnis zwischen Staat und Gesellschaft. Er umschreibt neue Formen gesellschaftlicher, ökonomischer und politischer Regulierung, Koordination und Steuerung in komplexen institutionellen Strukturen, in denen meistens staatliche und private Akteure zusammenwirken. […]. Zum anderen steht „Governance“ für eine theoretische Diskussion über Koordinationsmodi und Steuerung in komplexen Interorganisationsgefügen. Koordiniert und gesteuert wird durch unterschiedliche institutionelle Strukturen und Mechanismen, die meist in Mischformen angewandt werden, wie etwa wechselseitige Anpassung, Verhandlungen, Wettbewerb und einseitige Entscheidung*.“

Wegen der Verwendung der Kernspaltung im militärischen und im zivilen Bereich ist die Rolle der Kernenergie zwiespältig. Die Anwendung der Kernenergie für militärische Zwecke wird als ein besonderes Risiko für die Menschheit angesehen, was eingeschränkt[36] auch für die zivile Nutzung der Kernenergie gilt. So besitzen große Kernkraftwerken zur Stromerzeugung (Leistungsreaktoren) auf Grund ihrer Energieinhalte ein Gefahrenpotenzial, das unter Umständen durch äußere Einflüsse (z.B. Erdbeben, Hochwasser und andere Naturkatastrophen oder

34 Benz 2004b: 25
35 Fernuniversität 2012: 1
36 Gesellschaftlich umstritten ist die Stärke dieser Einschränkung

terroristische Angriffe) zur Gefahr für Mensch und Umwelt werden kann. Zudem können sich wegen der potenziellen radiologischen Auswirkungen im Fall eines Kernkraftwerksunfalls, nicht nur im Unfallland, panikartige Reaktionen der Bevölkerung ergeben.

Staaten und ihre Gesellschaften haben eine besondere Gewährleistungsverantwortung[37] für nukleare Sicherheit, um im Rahmen der Internationalen Beziehungen das mit der Nutzung der Kernenergie einhergehende Risiko weiter zu verringern bzw. einzudämmen. Um dies zu erreichen, haben sich seit 1945, dem Jahr der Atombombenabwürfe in Japan, Strukturen, Institutionen sowie staatliche und zivilgesellschaftliche Regelungsformen gebildet, von denen einige nebeneinander bestehen und andere miteinander agieren, um den jeweils unterschiedlichen sicherheitsgerichteten Zielen zu dienen. So bestehen z.B. seit 1957 die europäische Atomgemeinschaft (EURATOM-Vertrag) und die internationale Atomenergieagentur IAEA zur Koordinierung der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Kernenergienutzung[38], die dazu beitragen, die nationalen und internationalen Bestrebungen zu unterstützen, das mit Kernkraftwerken verbundene (im Normalbetrieb geringe) Risiko weiter zu verringern.

Diese Form der internationalen Zusammenarbeit unterschiedlicher Akteure unter Einbindung verschiedener Formen des Regierens kennzeichnet das Konzept und den Begriff Global Governance. Dabei gehören zu den Akteuren Nationalstaaten, internationale Institutionen, gesellschaftliche Gruppen und beteiligte Organisationen. Die Formen des Regierens sind vielfältig und umfassen als charakteristische Merkmale[39] des Global Governance Konzeptes staatliche Steuerung, Übereinkommen, Netzwerke, Verhandlungssysteme sowie Normensysteme.

Durch Global Governance sollen nach Vierecke besonders globale öffentliche Güter wie Klimaschutz, Artenvielfalt, Frieden und „*ökonomische, soziale und finanzielle Stabilität sowie die verschiedenen Aspekte menschlicher Sicherheit*“ geschützt werden.[40]

3.1 Governance-Konzepte

Bevor im Rahmen der vorliegenden Arbeit auf die internationale Zusammenarbeit und insbesondere auf das Themenfeld „Gefahren der Kernenergienutzung“ und damit auf die

37 Der Begriff „Gewährleistungsverantwortung“ kennzeichnet nach Kloepfer die politische und rechtliche Mitverantwortung des Staates: „*Durch die gesetzliche Erlaubnis und die behördliche Genehmigung zum Betrieb von Hochrisikoanlagen stellt deren Sicherheit jedenfalls nicht mehr allein eine Angelegenheit der Betreiber dar. Dem Staat kommt eine Mitverantwortung zu, die neben ihrer politischen Dimension als ‚Gewährleistungsverantwortung‘ auch rechtlicher Natur ist*“ (Kloepfer 2011: 11).

38vgl. Sellner/Hennenhöfer 2007: 886–887

39 Vierecke et al. 2011: 243.

40 Vierecke et al. 2011: 243

grenzüberschreitende Zusammenarbeit bei Kernkraftwerksunfällen eingegangen wird, sollen die Begriffe Global Governance und Governance näher betrachtet werden. Anschließend soll im Rahmen der kontextbezogenen Begriffsverwendung für diese Arbeit auf den Begriff Nuclear Risk Governance eingegangen werden. Es wird vorgeschlagen, die Einschränkungen dieses Begriffs auf den Bereich der Sicherheit (safety) sowie das Anwendungsgebiet des nuklearen Notfallschutzes als Nuclear Emergency Governance zu bezeichnen. Der Begriff Sicherheitskultur (safety culture), der bei Nuclear Emergency Governance neben dem Sicherheitsbegriff eine Rolle spielt, wird anschließend betrachtet.

Der Begriff Governance, der ursprünglich in der Ökonomie eingeführt wurde, ist inzwischen ein vielschichtiger Begriff, ein umfassendes Konzept und ein aktuelles Forschungsgebiet der Politikwissenschaft geworden, dessen zahlreiche Facetten sich mittlerweile in Lehrbüchern finden. So bezeichnet Benz unter Berufung auf ältere Arbeiten der Nobelpreisträger für Wirtschaftswissenschaften Coase und Williamson als Governance „*institutionelle Regelungen in Unternehmen, d.h. die Leitungs- und Verwaltungsstrukturen sowie die vertikalen und horizontalen Interaktionsmuster des Unternehmens, die der Verringerung von Transaktionskosten dienen*“.[41] Benz stellt jedoch auch fest, dass der Begriff Governance unterschiedlich verstanden wird und „*keine Lehrbuchdefinition*“ besitzt.[42]

In dem von Benz herausgegeben Sammelband mit dem Titel „Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen“ verweist *Governance* „*auf neue Modi gesellschaftlicher bzw. politischer Steuerung und Koordination in Akteurskonstellationen und Interorganisationsgefügen*“.[43] Die in den Beiträgen dieses Bandes betrachteten unterschiedlichen Strukturen und Prozesse führen zu unterschiedlichen kontextbezogenen Governance-Begriffen: Governance auf lokaler Ebene, Regional Governance, Governance im modernen Staat, Governance in der Europäischen Union, Global Governance, Multilevel Governance, Governance in der politischen Ökonomie und Organizational Governance. „*Der* Begriff *Governance liefert einerseits einen Rahmen zur Analyse der praktisch relevanten Kombinationen aus Hierarchie, Verhandlungen und privater Selbststeuerung, zum anderen schließt er informelle, aber dauerhafte Interaktionsmuster zwischen staatlichen, kommunalen und gesellschaftlichen Akteuren (Netzwerke) ein*”.[44]

41 Benz 2004b: 15; Coase 1937; Williamson 1985
42 Benz 2004b: 12
43 Benz 2004b: 5
44 Benz 2004a: 22

Eine allgemeine und sehr abstrakte Definition stammt aus der Governance-Forschung des Sonderforschungsbereichs 700 der Deutschen Forschungsgemeinschaft, wonach Governance gleichgesetzt wird mit „*institutionalisierte[n] Modi der sozialen Handlungskoordination, die auf die Herstellung und Implementierung verbindlicher Regelungen bzw. auf die Bereitstellung kollektiver Güter abzielen*“[45]. Dabei verstehen die Autoren dieser Definition als Ergebnis von Governance die beiden in der Definition genannten Governance-Leistungen: politische Entscheidungen oder, allgemein, Regelungen mit Anspruch auf Verbindlichkeit, die auf einen Wert oder Nutzen für das Kollektiv zielen, sowie räumlich und zeitlich variable kollektive Güter. Unter kollektiven Gütern versteht man Allmende-Güter, Clubgüter, Öffentliche Güter, die sich von den durch Konsumrivalität und Ausschlussmöglichkeit gekennzeichneten Privaten Gütern abgrenzen. Damit sind vier Kategorien von Gütern gegeben. Die Zuordnung von Gütern zu den vier Kategorien hängt – nach einer Klassifizierung in der Volkswissenschaftslehre[46] - von der Beantwortung zweier Fragen ab: erstens sind andere von der Güternutzung ausschließbar (Ausschließbarkeit), zweitens nimmt ein Güternutzer den anderen die Nutzungsmöglichkeit (Konkurrenz, Rivalität im Verbrauch). Entsprechend den Eigenschaften der Güter erhält man die vier Kategorien: erstens Private Güter als Güter mit ausschließbarer und konkurrierender Nutzung, zweitens Öffentliche Güter als Güter, die weder eine ausschließbare noch eine konkurrierende Nutzung aufweisen, drittens Allmende-Güter oder Gesellschaftliche Ressourcen als Güter, die eine konkurrierende Nutzung aufweisen, jedoch nicht ausschließbar sind, und viertens Clubgüter oder natürliche Monopole als Güter, die ausschließbar sind, jedoch keine konkurrierende Nutzung aufweisen.[47]

Der erste Teil der Governance-Definition, der politische Entscheidungen als Output kennzeichnet, passt gut zu dem Thema dieser Arbeit. Der zweite Teil der Definition, der sich auf Güter bezieht, ist nicht unmittelbar geeignet, weil das Gut im Zusammenhang mit dem Notfallschutz und der nuklearen Sicherheit bei Kernkraftunfällen die Gesundheit bzw. der Gesundheitsschutz der Bevölkerung ist, was sich nicht problemlos in eine der o.a. Kategorien einordnen lässt. Gleichwohl entspricht die Bewahrung dieses Gutes einem kollektiven Nutzen und nicht dem Nutzen Einzelner oder Weniger, was ja von den Akteuren des Governance-Prozesses beabsichtigt ist.

Governance umfasst „*auch Interaktionsmuster und Modi kollektiven Handelns, welche sich im Rahmen von Institutionen ergeben (Netzwerke, Koalitionen, Vertragsbeziehungen, wechselseitige*

45 Draude et al. 2012: 6
46 Mankiw/Wagner 2004: 245–260
47 Menzel 2011: 10–11

Anpassung im Wettbewerb)"[48], was in Übereinstimmung mit den "*institutionalisierten Modi der sozialen Handlungskoordination*" in der o.g. Definition steht. Ihre Ausprägungen Hierarchie, Verhandlungen und Wettbewerb kennzeichnen nach den Erläuterungen der Autoren erstens, dass die Prozesse in institutionellen Bahnen erfolgen (Strukturkomponente von Governance), und zweitens, dass verbindliche Regelungen und Bereitstellung kollektiver Güter sowie die dazu erforderlichen Regelkomplexe oder Governance-Institutionen hergestellt werden (Prozesskomponente von Governance).[49] Governance-Akteure können öffentliche und private bzw. staatliche und gesellschaftliche Akteure sein. In dem Konzept von Draude werden sie als „*Individuen, Gruppen, Sozialverbände oder Organisationen, die in einem Governance-Prozess zusammenwirken*", definiert und in zwei Kategorien unterteilt: erstens die „*Erbringer von Governance-Leistungen*", die ihre Ressourcen zur Verfügung stellen und zur Governance-Leistung beitragen, und zweitens das „*Referenzkollektiv von Governance*", d.h. die Adressaten, Empfänger und Anspruchsberechtigten.[50] So gilt per Definition, dass für Adressaten eine Governance-Leistung bestimmt ist, Empfänger eine Government-Leistung erhalten haben und Anspruchsberechtigte die normativ gebotenen Empfänger von Governance sind. Die vorliegende Governance-Definition ist also sehr abstrakt, d.h. Akteure, Objekte, Gegenstände und Tätigkeit können erst bestimmt werden, wenn der Kontext bzw. das Politikfeld genauer spezifiziert wird. So kann im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit z.B. bei einem angenommenen Kernkraftwerksunfall die Government-Leistung sowohl aus Maßnahmen zum Schutz von Leben, Gesundheit und von Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie oder der schädlichen Wirkung von Strahlen als auch aus dem Ausgleich des durch den Unfall verursachten Schadens bestehen. In diesem Fall wären die auf die Katastrophenschutzmaßnahmen bezogenen Anspruchsberechtigten die Bewohner in der Umgebung des verunfallten Kernkraftwerks.

In der Governance-Literatur ist der Begriff Global Governance eingeführt worden, der den durch Globalisierungsprozesse bedingten Veränderungen der internationalen Politik Rechnung tragen soll. Auch für diesen Begriff gibt es keine einheitliche, anerkannte Definition. Die Beschreibung für Global Governance der von dem Deutschen Bundestag 1999 eingesetzten Enquete-Kommission „Globalisierung der Weltwirtschaft - Herausforderungen und Antworten" lautet[51]:

„Global *Governance ist ein Ansatz für die Bearbeitung globaler Probleme von zunehmender Komplexität und Interdependenz. Im Spannungsverhältnis zwischen Staaten und multinationalen*

48 Benz 2004a: 25
49 Draude et al. 2012: 6–8
50 Draude et al. 2012: 8
51 Bundestag 2002: 105–106

Institutionen, globalisierter Wirtschaft und Finanzwelt, Medien und Zivilgesellschaft befürwortet Global Governance eine neue, kooperative Form der Problembearbeitung: Für Global Governance sind dialogische und kooperative Prozesse zentral, die über die verschiedenen Handlungsebenen subsidiär entlang der Achse lokal-global hinweg reichen sowie Akteure aus den Bereichen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft zusammenführen und vernetzen. Global Governance setzt damit auf das konstruktive Zusammenwirken von staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren in dynamischen Prozessen interaktiver Entscheidungsfindung von der lokalen bis zur globalen Ebene".

Global Governance ist also ein vielschichtiger Begriff in den Politik- und Sozialwissenschaften. Er kennzeichnet das über die Aktivitäten der Nationalstaaten hinausgehende „*Zusammenwirken von staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren von der lokalen bis zur globalen Ebene*" zur Lösung globaler Probleme.[52] Sein Zweck ist die „*Entwicklung eines Institutionen- und Regelsystems und neuer Mechanismen internationaler Kooperation, die die kontinuierliche Problembearbeitung globaler Herausforderungen und grenzüberschreitender Phänomene erlauben.*"[53]

Im Hinblick auf die Regelungen werden zwei Änderungen angenommen: erstens ist „*durch die Globalisierung von Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft ein zunehmender politischer Regelungsbedarf*"[54] entstanden und zweitens tauchen im Zuge der Globalisierung neue Risiken auf, z.B. zivilisatorische Risiken wie Klimaschutz, transnationaler Terrorismus und der grenzüberschreitende Charakter wirtschaftlicher Transaktionen, der eine Regulierung der internationalen Finanzmärkte erfordert. Aus diesen Risiken ergeben sich Regelungsprobleme, die auch die Regelungskapazität großer Staaten überfordern und die Risikogesellschaft zur Weltrisikogesellschaft mutieren lassen.[55]

Es gibt etliche Konzepte zu dem Begriff Global Governance. Grande[56] unterscheidet zwischen normativen Konzepten einerseits, die „*als Gegenentwurf zu neoliberalen Varianten der Globalisierung […], der in der Regel mit weitreichenden Vorschlägen zur transnationalen Institutionenbildung und ihrer demokratischen Kontrolle verbunden wird*", und empirisch-analytischen Forschungsansätzen andererseits. Die empirisch-analytische Global Governance-Forschung befasst sich mit den Prozessen der transnationalen Institutionenbildung jenseits des Nationalstaates sowie mit den „*Bedingungen, Verlaufsmustern und Ergebnissen von*

52 Messner/Nuscheler 2003: 4
53 Messner 2000: 284
54 Grande 2009: 259
55 Beck 2007
56 Grande 2009: 257–258

Institutionenbildungsprozessen“ und analysiert „*dabei zumeist einzelne Institutionen, Akteurstypen und Politikfelder*“. Grande verweist beispielhaft auf internationale Organisationen, private Akteure oder Nichtregierungsorganisationen (NGOs) sowie auf Außenwirtschaftspolitik, Steuerpolitik und Umweltpolitik.[57]

Nach Messner und Nuscheler beruht „*Global Governance […] auf verschiedenen Formen und Ebenen der internationalen Koordination, Kooperation und kollektiven Entscheidungsfindung*“, [58] wobei „*Internationale Organisationen diese Koordinationsfunktion [übernehmen]*“, Regime „*den Willen zur Kooperation in verbindliche Regelwerke [übersetzen]*“ und in „*solchen Regimen […] die Staaten […] durch vertragliche Vereinbarungen [sich] zur Bearbeitung von vertraglichen Vereinbarungen [verpflichten].*“[59]

Kern einer Global-Governance-Architektur ist die sich bildende transnationale Netzwerkstruktur[60], die Messner wie folgt beschreibt: „*Politik wird in immer stärker horizontal und vertikal vernetzten Strukturen stattfinden: Netzwerkstrukturen in und zwischen Gesellschaften gewinnen an Bedeutung, hierarchische Steuerung durch eine Politikinstanz wird zur Ausnahme; das Konzept nationalstaatlicher Souveränität wird perforiert durch Systeme geteilter Souveränitäten; das internationale System der Staatenwelt wird überlagert durch eine Mehrebenen-Struktur der Global-Governance-Architektur, in der eine Vielzahl privater und öffentlicher Akteure agiert*“.[61]

Die Nationalstaaten „*bilden […] die tragenden Stützpfeiler einer Global Governance Architektur*“[62], die „*durch drei zentrale Charakteristika geprägt [ist]: Multiakteurskonstellationen, Mehrebenenpolitik, einen Pluralismus an Governance-Mustern*“.[63] Die Mehrebenenpolitik in der Definition von Global Governance wird nach Behrens im angelsächsischen Raum betont: Der Begriff Global Governance „*bezeichnet das komplexe System staatlicher wie nichtstaatlicher Koordinationsmechanismen. In der Perspektive des Mehrebenensystems internationaler Politik bezieht er neben der internationalen Ebene auch Institutionen und Akteure der innerstaatlichen Ebene ein“.*[64] *„Mehrebenensysteme der Politik entstehen, wenn zwar die Zuständigkeiten nach Ebenen aufgeteilt, jedoch die Aufgaben interdependent sind, wenn also Entscheidungen zwischen*

57 Grande 2009: 258
58 Messner/Nuscheler 2003: 15
59 Messner/Nuscheler 2003: 15
60 Nölke 2000: 333
61 Messner 1998: 24
62 Messner/Nuscheler 2003: 17
63 Messner/Nuscheler 2003: 18
64 Behrens 2010: 106

Ebenen koordiniert werden müssen".[65] Die „*Mehrebenenpolitik, Akteursvielfalt und Ausdifferenzierung von Governance-Mustern in der Global-Governance-Architektur*" hängen vom jeweiligen Kontext und vom Weltproblem ab. Zu den Weltproblemen, die zu globalen Risiken führen, gehören aus heutiger Sicht der Klimawandel, der Verlust der Biodiversität und die Dynamik internationaler Finanzmärkte. [66]

Einige Beispiele für Governance-Muster aus der Europäischen Union, die kontextbezogen sind, werden von Fürst genannt: das Regionalmanagement im Rahmen der EU-Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Regionalen Wirtschaftsstruktur", der EU-Strukturfonds, und die Programme zur Regionalisierung der EU-Fondsmittel im Rahmen der "Entwicklungspläne für den ländlichen Raum" und der "Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes".[67] Ein Beispiel, das eher mit den Themengebiet der Arbeit zu tun hat, ist die Gemeinschaftsaufgabe Katastrophenschutz der Europäischen Union (EU). Diese beruht auf dem EU-Reformvertrag, der 2007 in Lissabon unterzeichnet wurde. Demnach verfügt die EU seit 2009 im Sinne der Förderung der Zusammenarbeit der Mitgliedstaaten über neue Zuständigkeit im Katastrophenschutz: sie darf ergänzend und koordinierend tätig sein, indem sie die Mitgliedstaaten auf nationaler, regionaler oder kommunaler Ebene unterstützt. Die Kompetenzen der EU sind jedoch insoweit begrenzt als die EU keinen eigenständigen Katastrophenschutz betreiben darf und die Mitgliedstaaten für den Katastrophenschutz verantwortlich bleiben.

Fürst weist darauf hin, dass „*Governance-Muster auf Konventionen, Traditionen, vereinbarten Regeln basieren und sich im Kontext bestehender Institutionen bewegen müssen*".[68] „*Je besser solche Governance-Muster in der Lage sind, an den Institutionen vorbei Probleme zu bearbeiten, desto häufiger werden sie dafür genutzt*".[69] "*Zudem hängt die Wirksamkeit der Governance-Muster davon ab, dass sie für die Teilnehmer verlässlich sind*".[70]

Während es inzwischen zahlreiche Veröffentlichungen zu Governance im Zusammenhang mit Umweltschutz gibt[71], fehlen diese im Zusammenhang mit nuklearen Risiken weitgehend.[72] Gemeinsamkeiten gibt es insoweit als es um eine Lenkungsform oder Steuerung von Organisationen geht, die in beiden Fällen auch den Schutz von Mensch und Umwelt zum Ziel hat. Der

65 Benz 2004c: 127
66 Messner/Nuscheler 2003: 26
67 Fürst 2004: 49
68 Fürst 2004: 55
69 Fürst 2004: 56
70 Fürst 2004: 62
71 Z.B. Kanie/Haas 2004; Oberthür/Gehring 2006; Young 2002.
72 Ausnahmen bilden z.B. Aulbach 2008 und Findlay 2011.

Unterschied in den beiden Kontexten besteht darin, dass die Umweltzustände bzw. Umstände differieren, je nachdem ob eine Notfallexpositionssituation mit erhöhter Strahlenbelastung auftritt oder nicht.

Es gibt weitere Ansätze, z.B. die normativen Global Governance-Konzepte, deren Entwürfe für ambitionierte institutionelle Reformen im Rahmen einer Weltordnung stehen. Gemeinsame Prämisse der normativen Governance-Konzepte ist die institutionelle Problemsicht, nach der die „*Krise der Politik […] nicht der Globalisierung an sich geschuldet" ist, sondern „durch die Globalisierung von Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft eine institutionelle Regelungslücke entstanden ist*" und nationalstaatliche Regelungen „*aufgrund der Ausweitung und Intensivierung grenzüberschreitender ökonomischer, kultureller und sozialer Aktivitäten ihre Wirksamkeit verloren [hätten], ohne dass es bislang schon gelungen wäre, jenseits des Nationalstaates neue, problemangemessene internationale Regelwerke an ihre Stelle zu setzen*".[73] Normative Global Governance-Konzepte sollen in dieser Arbeit nicht weiter behandelt werden. Im Hinblick auf die mit dem Thema dieser Arbeit verbundene Konzentration auf das Themenfeld „nuclear safety" werden lediglich einige Aspekte weniger umfassender Reformen gestreift, etwa die Probleme der bestehenden Institutionen und Prozesse sowie die Frage der Förderung und des Ausbaus multilateraler Kooperationen oder die stärkere Einbeziehung nicht-staatlicher Akteure in Global Governance bei Fragen der nuklearen Sicherheit.

Eine der Fragen, die kritisch gestellt wird, lautet: wie realistisch und relevant sind die verschiedenen Global Governance-Konzepte? Im Folgenden werden Ansätze von Global Governance auf den Gebieten des Umweltschutzes und deren langjährige Entwicklung dargestellt. Das ist insofern aufschlussreich als bestimmte dort genannte Entwicklungen, z.B. die Verrechtlichung der internationalen Politik und die Intensivierung der Zusammenarbeit mit einer zunehmenden Zahl verbindlicher Kooperationsregeln, sich in Zukunft auch auf anderen Anwendungsfeldern entwickeln können. Eines der möglichen Anwendungsfelder ist die nukleare Sicherheit und der damit verbundene Schutz von Mensch und Umwelt. Anschließend wird Global Governance im Zusammenhang mit nuklearen Risiken (Nuclear Risk Governance) betrachtet.

Grande[74] führt als Gründe für den seit einigen Jahrzehnten anhaltenden „*markanten Trend hin zum transnationalen Regieren*" in Richtung Global Governance drei Entwicklungen an: die zunehmende Organisations- und Institutionenbildung jenseits der Nationalstaaten, die zunehmende Verrechtlichung der internationalen Politik und die zunehmende Bedeutung globaler Normen. Der

73 Grande 2009: 259
74 Grande 2009: 261–262

globale Trend der transnationalen Organisations- und Institutionenbildung auf dem Politikfeld und Regelungsbereich des Umweltschutzes wurde von Meyer[75] für den Zeitraum von 1870 bis 1990 untersucht. Ergebnis dieser Analyse war die Beobachtung folgender Entwicklungen:

Es gab einen starken Anstieg der Zahl zwischenstaatlicher Umweltorganisationen seit den 1950er Jahren, darunter die Gründung des United Nations Environment Programme (UNEP) nach der Stockholmer Umweltkonferenz 1972. Gleichzeitig nahm die Zahl internationaler Umweltschutzverbände zu, z.B. wurden 1961 der World Wildlife Fund (WWF) und 1971 Greenpeace gegründet. In den 1970er und 1980er Jahren erreichte die Zunahme von internationalen Verträgen und internationalen Regimen im Umweltbereich einen Höhepunkt. Beispiele sind die Wiener Konvention zum Schutz der Ozonschicht von 1985 und das Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Ozonabbau führen können, von 1987. Zwischenzeitlich veränderte sich das Entwicklungsmuster der Transnationalisierung in der Umweltpolitik. Es ist bei neu auftauchenden transnationalen Regelungsproblemen dadurch gekennzeichnet, dass an Stelle der Gründung von neuen Organisationen häufig innerhalb der bestehenden institutionellen Strukturen und formellen Organisationen die Aufgaben ausgeweitet werden.[76]

Ob die weitere Entwicklung der Globalisierung zu neuen Grenzen und neuen Formen der Politik führt, wird in der Politikwissenschaft kontrovers diskutiert. Die Sichtweise der Autoren zu Global Governance lässt sich nach Menzel danach unterscheiden, ob die Autoren „*in einer realistischen Tradition stehen […] [oder] eher dem liberal-institutionalistischen Lager zuzurechnen sind*“. [77]

Ein weiterer Trend hin zur Transnationalisierung ist die erwähnte zunehmende Verrechtlichung (legalization) der internationalen Politik, die gekennzeichnet ist durch rechtliche Normen für das Verhalten von Staaten, Unternehmen und Individuen, die „*jenseits der Nationalstaaten formuliert werden und die gegenüber diesen Geltung beanspruchen*”.[78] D.h. Staat und Recht sind keine Einheit, insbesondere ist der Staat weder eine notwendige Voraussetzung für Verfassungsordnungen noch für Rechtsetzungen.[79]

Global Governance bedeutet nach Messner und Nuscheler[80] auch „*die Verdichtung der internationalen Zusammenarbeit durch internationale Regime mit verbindlichen Kooperationsregeln, die auf eine Verrechtlichung der internationalen Kooperation abzielen*“. Ein Beispiel

75 Meyer et al. 2005
76 Vgl. Meyer et al. 2005: 257, zitiert nach Grande 2009: 262.
77 Menzel 2001: 230
78 Grande 2009: 263
79 Vgl. Grande 2009: 263 unter Verweis auf Habermas 2004: 136.
80 Messner/Nuscheler 2003: 4

für internationale Kooperationsregeln sind grenzüberschreitende Abkommen auf verschiedenen Politikfeldern, zu denen als ein Schwerpunkt die Umweltpolitik gehört. Bekannt sind zum Klimaschutz die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen von 1992 und das Kyoto-Protokoll von 1997 zur Ausgestaltung der Klimakonferenzen. Beide Vereinbarungen sind Ergebnisse von Konferenzen, die sich mit Umweltfragen in einem globalen Rahmen befassen. In gewisser Weise wurden die Grundlagen hierfür in der Rio-Konferenz im Jahr 1992 gelegt, die aus Sicht des Global Governance besonders bedeutsam ist, da erstmals zahlreiche Nichtregierungsorganisationen in den politischen Prozess eingebunden waren, bei dem Staaten beabsichtigten, Verpflichtungen auf dem Gebiet von Umwelt und Entwicklung einzugehen, die zur Lösung von gemeinsamen globalen Problemen beitragen.

Es gibt inzwischen ca. 500 verabschiedete multilaterale Abkommen im Umweltbereich, davon 70 % mit regionaler Reichweite und 30 % mit globaler Reichweite.[81] Die genaue Anzahl der Abkommen hängt von der Abgrenzung gegenüber anderen Politikbereichen und dem Erfassungszeitraum ab. So werden in dem Datenbankprojekt der Universität Oregon im Februar 2012 insgesamt ca. 1100 multilaterale und 1500 bilaterale Umweltübereinkommen („international environmental treaties and conventions“) aufgeführt.[82]

Betrachtet man den Bereich des Nuklearrechts[83], so gehören hierzu Abkommen über die Nichtverbreitung von Kernwaffen und von militärischer Nukleartechnologie, das Verbot bestimmter Kernwaffentests und begrenzte Atomteststoppabkommen sowie die Festlegung von nuklearwaffenfreien Zonen in einigen Regionen der Welt. Weitere Übereinkommen betreffen aber auch Vereinbarungen über die regionale Zusammenarbeit von Staaten auf dem Gebiet der zivilen Kernforschung Darüber hinaus gibt es multilaterale Abkommen unter Einbindung der Internationalen Atomenergieagentur IAEA, die der Forschung, Entwicklung und Ausbildung der Kerntechnologie für friedliche Zwecke dienen.

Für die weiteren Untersuchungen soll Nuclear Risk Governance als eine spezielle Form von Governance bzw. Global Governance betrachtet werden, deren Ziel in der Risikominimierung bei der (friedlichen oder militärischen) Nutzung der Kernenergie besteht. Es wird vorgeschlagen, den Begriff Nuclear Risk Governance an Stelle von Global Governance dann zu verwenden, wenn das Ziel darin besteht, den zivilen und militärischen Umgang mit Radioaktivität bzw. nuklearer Energie und Strahlung international so zu regeln, dass ein ausreichender Schutz der Menschen, des

81 Simon 2010: 10
82 Mitchell 2012
83 Vgl. Inomata 2008: 32–33 und (Schärf 2008: 75–158)

Eigentums und der Umwelt besteht und radiologische Gefahren[84] abgewendet werden können. Diese Bezeichnung entspricht der Schnittmenge von Nuclear Energy und Global Governance, die Gegenstand eines Buches von Findlay[85] ist.

Nuclear Risk Governance kann sowohl vom Blickwinkel des Steuerns und Verwaltens durch politische Akteure, politische Systeme oder politische Gesellschaften als auch vom Blickwinkel der Geschichte (historisch-analytischer Ansatz) sowie der Tatsachen, Ereignisse und Verhältnisse (empirisch-analytisch) gesehen werden. Diese Ansätze entsprechen einem üblichen Vorgehen bei der theoretischen Verortung eines Themas in der Politikwissenschaft. [86]

Manche Aspekte werden durch diese Eingrenzung übersichtlicher: Während man z.B. auf die Frage, wann Globalisierung als ein neues Phänomen begonnen hat, nach Menzel[87] verschiedenste Antworten erhält, lässt sich im Kontext mit Nuclear Risk Governance das Jahr 1945 festmachen, an dem mit den Atombombenabwürfen im Zweiten Weltkrieg die Möglichkeiten der globalen Zerstörung durch Kernspaltung erstmalig offenkundig wurden.

Zunächst gilt es, die Frage zu untersuchen: was sind die Risiken, die im Rahmen von Nuclear Risk Governance minimiert werden sollen? Zur Beantwortung der Frage ist es nützlich, vier Arten von Ereignissen aus der Geschichte und deren Wesensmerkmale zu betrachten, die im Zusammenhang mit der Gefährdung der internationalen Sicherheit stehen:

1) die Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki im August 1945 während des Zweiten Weltkrieges, an deren Folgen ungefähr 350.000 Personen starben[88]
2) der Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 in der Sowjetunion[89] und
3) die Terroranschläge vom 11. September 2001 auf die Zwillingstürme des World Trade Centers in New York[90]
4) das Proliferationsnetzwerk und der illegale Nuklearhandel von 1987 bis 2004 des pakistanischen Nuklearwissenschaftlers A.Q. Kahn.[91]

84 Radiologische Gefahren sind Gefahren der Radioaktivität und der damit zusammenhängenden ionisierend Strahlung.
85 Findlay 2011
86 Vgl. Simonis/Elbers 2011: 103–107
87 Menzel 2001: 229
88 Gale 2013: 49–59; Rubner 2007: 193; Turner 2007: 411–413
89 Aulbach 2008: 43–45; Bünemann 1992: 117–121; Proske 2004: 112–117; Rassow 1988: 21–34; Strahlenschutzkommission 2006 und Kuhlen 2011b
90 Öztürk 2011 und Hartwig 2011: 31–37
91 Harnisch 2005: 24–31

Drei Ereignisse haben einen unmittelbaren Bezug zu nuklearen Risiken, während die genannten Terroranschläge keinen Zusammenhang mit atomaren Gefahren besaßen. Gleichwohl sind sie hier aufgeführt, weil sie einen Gefahrentyp kennzeichnen, der auch unter Einsatz von Radioaktivität denkbar ist: terroristische Attacken auf Kernkraftwerke oder der Einsatz von Waffen, die auf eine möglichst hohe radioaktive Kontamination von Mensch und Umwelt ausgerichtet sind, lassen sich nicht ausschließen. Diese Waffen bestehen aus einem konventionellen Sprengsatz, der bei seiner Explosion radioaktives Material (z.B. Spaltstoffe) in der Umgebung verteilt. Sie werden häufig als Radiologische Waffen (radiological dispersal devices), Schmutzige Bomben (dirty bombs) oder „atomare unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung“ (USBV-A) bezeichnet.

Aus den genannten speziellen Gefährdungen ergibt sich, dass radioaktives Material sowohl Mittel (z.B. Massenvernichtungswaffen, Spaltstoffe) als auch Angriffsziel (z.B. Kernkraftwerke mit ihrem radioaktiven Inventar) sein kann. Häufig befindet sich das radioaktive Material in großen Mengen in kerntechnischen Einrichtungen, d.h. in Objekten wie Kernkraftwerken oder Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs, die ein erhebliches Risikopotenzial in Bezug auf Kontamination oder radioaktive Strahlung besitzen.

Den genannten Ereignissen stehen drei Gegenmaßnahmen bzw. Merkmale gegenüber, die den Schutz vor den Gefährdungen kennzeichnen, von denen nur die nukleare Sicherheit bei Notfallsituationen als Thema der vorliegenden Arbeit noch näher betrachtet wird:

1) nukleare Sicherung (Nuclear Security), um die Angriffssicherheit gegen kerntechnische Einrichtungen zu gewährleisten,
2) nukleare Nichtverbreitung (Non-Proliferation), um Verbreitung und Erwerb von Massenvernichtungswaffen und Spaltstoffen zum Zweck der Sicherheit vor nuklearen Gefahren (Detonationen von Nuklearwaffen, Freisetzung von Radioaktivität und Kontamination der natürlichen Lebensgrundlagen) zu verhindern,
3) nukleare Sicherheit (Nuclear Safety), um die Verfahrenssicherheit beim Betrieb kerntechnischer Einrichtungen zu gewährleisten.

Sicherheit im Sinne von Nuclear Security umfasst den Schutz des Objekts vor einer möglichen oder tatsächlichen Bedrohung, vor einem Angriff oder einer Einwirkung von außen, während umgekehrt Sicherheit im Sinne von Nuclear Safety den Schutz von Mensch, Natur oder Umwelt vor der realen oder potentiellen Gefahr des Objektes umfasst. Nichtverbreitung (Non-Proliferation) hat für Staaten zwei Facetten, je nachdem ob es sich um Nuklearwaffenstaaten handelt oder nicht. Für Nuklearwaffenstaaten gelten das Weitergabeverbot von Kernwaffen

(Material und Know how) und die Verpflichtung zur Abrüstung. Für Nicht-Nuklearstaaten bezieht sich die Nichtverbreitung auf den Verzicht auf Nuklearwaffen und dessen Kontrolle. D.h. einerseits verzichten die Vertragsstaaten des Nuklearen Nichtverbreitungsvertrages (NVV) [92] darauf, Atomwaffen zu bauen oder zu besitzen und andererseits sind die Vertragsstaaten mit zivilen Atomprogrammen bereit, sich Kontrollen zu unterziehen, um eine nukleare Waffenoption auszuschließen.

Grundgedanke des Atomwaffensperrvertrags ist also einerseits die Gewährung des Rechts für alle Vertragsstaaten ohne Nuklearwaffen, die Kernenergie für friedliche Zwecke zu nutzen, und andererseits - als Gegenleistung - die Einhaltung der vertraglichen Verpflichtungen bzgl. Waffenverzicht und Kontrolle. Zu diesem Nichtverbreitungsregime gehört der 1995 unbefristet verlängerte Nukleare Nichtverbreitungsvertrag (NVV), der den Atomwaffenstaaten USA, Russland, China, Frankreich und Großbritannien den Besitz von Nuklearwaffen zugesteht und allen anderen 185 Vertragsstaaten den dauerhaften Verzicht auf Atomwaffen auferlegt. Die Nuklearwaffenstaaten Indien, Pakistan und Israel haben das Abkommen zur Nuklearen Nichtverbreitung nicht unterzeichnet, während Nordkorea, das Kernwaffentests durchführt, im Jahr 2003 aus dem NVV austrat.[93] Um die Weiterverbreitung (Proliferation) des Nuklearmaterials wie Kernwaffen, Kernbrennstoffe oder hochradioaktive Quellen an Unbefugte (Nichtkernwaffenstaaten, Bürgerkriegsparteien oder terroristische Organisationen) zu verhindern, dienen Safeguards, d.h. Schutzmechanismen und Absicherungsmaßnahmen der Internationalen Atomenergieorganisation zur Spaltmaterialüberwachung und Spaltstoffkontrolle.

Zur Nuclear Safety gehört bei Kernkraftwerken die unmittelbare Sicherheit, die sich aus der Realisierung des Mehrstufenprinzips (defense in depth) bei Konzeption und Bau der Anlage ergibt, das durch Sicherheitsebenen oder Sicherheitsbarrieren in drei Stufen beschrieben wird: die Basissicherheit und Qualitätssicherung, die Störfallverhinderung und die Folgenbegrenzung. Nach Smidt werden auf der ersten Sicherheitsebene „*alle Systeme der Anlage so ausgelegt, hergestellt und ständig überwacht, daß Störungen unwahrscheinlich werden*“, während die zweite Sicherheitsebene die zuverlässige Detektierung dennoch auftretender Störungen sowie die Störfallvermeidung als Folge von Gegenmaßnahmen kennzeichnet. Die dritte Sicherheitsebene dient dazu, dass die Folgenbegrenzung und Folgenreduzierung auf ein „*für die Umgebung unbedenkliches Maß*“ durch den Einsatz bestimmter technischer Komponenten erfolgt. Zu diesen

92 Andere Bezeichnungen für den „Nuklearen Nichtverbreitungsvertrag“ lauten: „Atomwaffensperrvertrag“, „Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen“, „Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons“, „Non-Proliferation Treaty“ bzw. „NPT“.

93 Thränert 2010: 4

technischen Komponenten, die als Sicherheitsbarrieren eigesetzt werden, gehören Steuersysteme, Kühlsysteme, Abschalteinrichtungen, Notkühlsysteme zur Nachwärmeabfuhr, Sicherheitsbehälter und Sicherheitsventile.[94]

Nuclear Security, Non-Proliferation und Nuclear Safety dienen also auf unterschiedliche Weisen dazu, unvertretbare Gefährdungen und Risiken für Staaten und deren Bevölkerungen zu verhindern. Aus ihnen setzt sich die kerntechnische Sicherheit zusammen.

3.2 Sicherheit und Notfallschutz

Für die Thematik der vorliegenden Arbeit spielen einige Begriffe eine Rolle, die im Folgenden kurz skizziert werden: Sicherheit, Sicherheitskultur und Hochrisikoanlagen, zu denen Kernkraftwerke gehören. Wegen der Bedeutung der Sicherheitskultur, die der Erhaltung und Verbesserung der Sicherheit dient und deren unzureichende Ausprägung maßgeblich zum Reaktorunfall in Fukushima 2011 beigetragen hat, wird dieser auf dem ersten Blick unscharfe Begriff genauer betrachtet.

Der Begriff Sicherheit gehört „*zu den am meisten umstrittenen Begriffen in der internationalen Politik*“.[95] Dies liegt daran, dass „*mit dem Sicherheitsbegriff über die Priorität politischer Ziele entschieden und die Wahl angemessener Strategien entschieden wird*“.[96] Der Sicherheitsbegriff im Zusammenhang mit nuklearer Nichtverbreitung, nuklearer Sicherheit und nuklearer Sicherung bezieht sich also allgemein auf das Gefährdungspotenzial bei Anwendung von Radioaktivität und auf das Ziel, Mensch und Umwelt vor Gefahren aus dem Umgang mit radioaktiven Stoffen zu schützen. Dieser Sicherheitsbegriff unterscheidet sich von denen anderer Politikbereiche, bei denen Sicherheit im engeren Sinn je nach Kontext eine militärische, ökonomische, ökologische oder humanitäre Sachdimension haben kann. Um spezifische Bedeutungen von Sicherheit zu charakterisieren und die unterschiedlichen Aspekte von Sicherheit zu kennzeichnen, führt Daase[97] einen allgemeinen Sicherheitsbegriff ein, der neben den genannten Ausprägungen der Sachdimension noch weitere Merkmale („Dimensionen“) hat: die Raumdimension (regional, international, global), die Gefahrendimension (Risiko, Verwundbarkeit) und die Referenzdimension (Individuum, Gesellschaft).[98] Nukleare Gefährdungen lassen sich jedoch nicht einer bestimmten Merkmalskombination im Sinne von Daase zuordnen, da sie nahezu alle Ausprägungen des allgemeinen Sicherheitsbegriffs annehmen können.

94 Smidt 1979: 3
95 Daase 2010: 18
96 Daase 2010: 18
97 Daase 2010
98 Daase 2010: 2–17

Der Begriff Safety Culture (Sicherheitskultur) ist in der englisch-sprachigen Literatur vielfältig. Petrangeli beschreibt ihn im Zusammenhang mit Überzeugungen, Wissen und Verhalten wie folgt: "*The* Safety *Culture concept is defined as the set of convictions, knowledge and behaviour in which safety is placed at the highest level in the scale of values in every activity concerning the use of nuclear energy*".[99] Wilpert betrachtet den Begriff Safety Culture aus psychologischer Sicht und kennzeichnet mehrere Aspekte auf drei analytischen Ebenen: *"… the concept of safety culture is understood to comprise at least three analytical levels: (a) the deep layer of often unconscious basic assumptions and orientations, (b) shared values and norms, and (c) the directly observable artifacts and behavior patterns of organization members*".[100] Die Bedeutung der Sicherheitskultur wird heute für alle Industriebereiche, speziell für risikobehaftete Anlagen wie Kernkraftwerke, anerkannt und der Fokus wird gleichermaßen auf das Verhalten von Einzelpersonen und von Gruppen gerichtet. So definiert die Reaktorsicherheitskommission Sicherheitskultur wie folgt: „*Sicherheitskultur ist die Gesamtheit von Merkmalen und Einstellungen bei Organisationen und Individuen, die durchsetzt, dass Sicherheitsfragen von Kernkraftwerken die ihrer Bedeutung als oberste Priorität entsprechende Aufmerksamkeit erhalten*".[101]

Sicherheitskultur hat eine persönliche, organisatorische und gesellschaftliche Komponente. Die persönliche Komponente der Sicherheitskultur betrifft die Einstellung und das Verhalten der Mitarbeiter. Die ESK[102] nennt in ihrem Bericht zur "Sicherheitskultur in einer Kernanlage" unter Hinweis das Beratergremium INSAG[103] drei Merkmale: erstens Hinterfragende Grundhaltung („a questioning attitude"), zweitens Konsequentes und umsichtiges Vorgehen („a rigorous and prudent approach") und drittens Informationsaustausch und Dokumentation („communication").[104] Die organisatorische Komponente bezieht alle beteiligten Organisationseinheiten ein. Diese umfassen Geschäftsführung, Leitung, Mitarbeitende und Fremdpersonal von Organisationen, deren Rolle Genehmigungsinhaber, Ersteller und Betreiber von Kernkraftwerken bzw. Aufsichtsbehörden sein können.[105] Insbesondere ist die Leitung einbezogen, für die es eine „*übergeordnete Verantwortung des Managements zur Formulierung und konsequenten Umsetzung einer sicherheitsgerichteten Unternehmensphilosophie, zur Schaffung einer geeigneten Organisationsstruktur sowie zur*

99 Petrangeli 2006: 7
100 Wilpert 2001: 4
101 Reaktorsicherheitskommission 2002: 2
102 ESK ist die *Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen* (ESK), ein beratendes Gremium des Schweizerischen Bundesrats und des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.
103 Die INSAG ist die *International Nuclear Safety Advisory Group* (INSAG) der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA).
104 KSA 2004
105 KSA 2004

Bereitstellung der notwendigen personellen und technischen Mittel"[106] gibt und die als Ziel die Sicherheit in den Kernkraftwerken durch geeignete Maßnahmen umfasst, d.h. einerseits „*durch technische Vorkehrungen […] zur Vermeidung von Fehlhandlungen und zur Beherrschung von Störfällen*"[107] und andererseits durch organisatorische Maßnahmen zum Umgang mit Gefahren. Die gesellschaftliche Komponente der Sicherheitskultur hängt mit dem Begriff Kultur und mit dem gesellschaftlichen Sicherheitsbedürfnis zusammen. Kultur ist "*die Gesamtheit der Ideen, Einstellungen, Werte, Kenntnisse, welche das Zusammenleben der Menschen in der Gemeinschaft kennzeichnet. […]. Kultur kann als Handlungsfeld verstanden werden, das durch den Menschen geschaffen wurde. Dazu gehören Ziele, Gepflogenheiten, Gebote und Verbote, die im Normalfall die Tätigkeit lenken*".[108] Eine gesellschaftliche Komponente findet man auch in der Definition des Begriffs Sicherheitskultur nach Daase. Er verbindet die "*zwei Forschungsstränge, nämlich technikwissenschaftliche Ansätze zu safety culture und politikwissenschaftliche Ansätze zu strategic culture*"[109] und versteht unter Sicherheitskultur "*die Summe der Überzeugungen, Werte und Praktiken von Institutionen und Individuen"[…], die darüber entscheiden, was als eine Gefahr anzusehen ist und wie und mit welchen Mitteln dieser Gefahr begegnet werden soll*".[110]

Die Sicherheit hat in der Entwicklung mit zunehmender Technisierung eine immer größere Bedeutung bekommen. Damit einhergehend hat die Sicherheitskultur einen immer größeren Stellenwert gewonnen. „*Zivile Sicherheit ist zu einem zentralen Wert unserer modernen demokratischen Gesellschaft geworden*"[111]. Entsprechend steigt der gesellschaftliche Bedarf an Sicherheit: "*Die Wahrnehmung dessen, was als Gefahr angesehen wird, wird von einem sich stetig verstärkenden Sicherheitsbedürfnis der Gesellschaft und den sich beständig ausweitenden Sicherheitsversprechen des Staates geprägt*".[112]

Nach einer Analyse von Rauer zum Thema Sicherheitskultur in ausgewählten[113] Tages- und Wochenzeitungen wird der Begriff vorrangig im Kontext der nuklearen Sicherheit verwendet. So stellt Rauer fest, dass dieser Begriff in den Medien im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Tschernobyl eingeführt wurde. „*Der Begriff ‚Sicherheitskultur' findet sich seit seiner ersten*

106 KSA 2004: 6
107 KSA 2004: 11
108 KSA 2004: 7
109 Daase 2010: 9
110 Daase 2010: 9
111 BMBF 2013
112 Daase 2010: 9
113 Ausgewählt wurden die Zeitungen „FAZ"," taz", „Die Zeit" und „Der Spiegel" (Rauer 2011: 67).

Nennung im Jahre 1986 bis zum Ende des Jahres 2009 in 147 Artikeln ausgewählten Zeitungen. Zu etwa zwei Dritteln berichten die Artikel von der Sicherheitskultur der Atomindustrie".[114]

Zwei Funktionen des Begriffs Sicherheit sind hinsichtlich ihrer Bedeutung und ihres Gebrauchs im Zusammenhang mit dem Wort Sicherheitskultur zu unterscheiden: „*Auf der semantischen Ebene lassen sich zwei unterschiedliche Verwendungsweisen des Sicherheitskulturbegriffs feststellen: eine operative und eine komparative Funktion*".[115] „*Die komparative Funktion bezieht sich auf kollektive Akteure wie ‚Deutschland' oder ‚Frankreich' […]. Der Verweis auf Sicherheitskultur setzt in diesem Verwendungszusammenhang die Einheit eines Kollektivs voraus, um es mit einer anderen Einheit mit Blick auf Ähnlichkeiten oder Differenzen zu kontrastieren. Die komparative Semantik relativiert und subjektiviert den Umgang mit Sicherheit*". „*Die zweite wesentliche Funktion des Konzepts [Sicherheitskultur] ist die operative Semantik, die nicht auf kollektive Einheiten zielt, sondern auf die Relationen zwischen Mensch-Maschine, Mensch-Mensch und Mensch-Regel*".[116]

Der Mangel an Sicherheitskultur wird explizit als wesentliche Ursache für die bisher schwersten Kernkraftunfälle angesehen, insbesondere wenn es um die Frage geht, wie es zu den Ereignissen von Tschernobyl und Fukushima kommen konnte.

Mit Kernkraftwerksunfällen und nuklearer Sicherheit stehen zwei Begriffe im Zusammenhang: die Hochrisikoanlagen, für die eine Schadenseinschätzung erforderlich ist, und das Restrisiko, das den nicht abschätzbaren, unbekannten und geringfügigen Anteil dieser Schadenseinschätzung darstellt.

Hochrisikoanlagen sind potenziell gefährliche Anlagen, zu denen nicht nur Kernkraftwerke sondern auch Chemieanlagen, Lager für Flüssiggase und Sondermüllanlagen sowie Staudämme gehören. Sie „*sind zum einen zahlreichen Gefahrenquellen ausgesetzt und können zum anderen auch selbst zu einer existentiellen Bedrohung für die Bevölkerung und die Umwelt werden*".[117] Jedoch dienen Hochrisikoanlagen z.B. der Stromerzeugung, Chemikalienproduktion und Sondermüllbeseitigung, sind also für die Gesellschaft mit einem Nutzen verbunden. Insofern ist die Frage, wo die Grenze zwischen dem durch adäquate Planung und Umsetzung zu vermeidenden Risiko und dem hinzunehmenden Risiko zu ziehen ist, eine Angelegenheit, die in einem gesellschaftlichen Diskurs unter Abwägung von Nutzen und Gefahren zu beantworten ist und die sich nicht ausschließlich auf die Errichtung und den Betrieb von Kernkraftwerken beschränkt.

114 Rauer 2011: 67
115 Rauer 2011: 71
116 Rauer 2011: 71
117 Kloepfer 2012:9

Unter Restrisiko kann man „*einen großen, aber nicht erkennbaren, einen möglicherweise großen, aber äußerst unwahrscheinlichen oder einen wahrscheinlichen, jedoch äußerst geringfügigen und daher zumutbaren möglichen Schaden verstehen*“.[118] „*Dieses Restrisiko umschreibt Unfallwahrscheinlichkeiten, die ‚praktisch ausgeschlossen‘ erscheinen und vom Bürger als sozialadäquate Last hinzunehmen sind, obwohl sie bestehen und der Zeitpunkt des Eintritts des Restrisikos von Wahrscheinlichkeiten nicht erfasst werden kann*.“[119] Der Begriff Restrisiko bezeichnet also ein nicht „*näher zu definierendes, noch verbleibendes Risiko nach Beseitigung bzw. Berücksichtigung aller denkbaren quantifizierten Risiken bei einer Risikobetrachtung*“.[120]

Das Konzept des Restrisikos hat Auswirkungen auf die nukleare Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen und somit auf den Schutz der Bevölkerung bei Unfällen, da die Unfallfolgen von Unfallabläufen abhängen, die die bauliche und konstruktive Vorsorge gegen ein Versagen und damit die Auslegung einer Hochrisikoanlage überschreiten und dem Restrisiko zuzuordnen sind. Gemäß dem Restrisiko-Konzept braucht (bisher) für derartige Unfallabläufe auf Grund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit weder eine Schadensvorsorge zum Schutz von Mensch und Umwelt noch eine Planung der Unfallbekämpfung für den Ereignisfall betrieben zu werden. Stattdessen gibt es zum Beispiel in Deutschland rechtliche Vorgaben, um einen aus Sicht des Gesetzgebers ausreichenden Schutz von Kernkraftwerken sicherzustellen. Zu den rechtlichen Vorgaben gehören zahlreiche vom Bundesumweltministerium herausgegebene Regelungen: Sicherheitskriterien für und Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, Richtlinien für den Schutz von Kernkraftwerken, Auslegungsrichtlinien z.B. gegen Druckwellen und zur Verhinderung der Freisetzung von gasförmigen Jod, Störfallberechnungsgrundlagen und Leitlinien zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken.[121]

Da Unfälle mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen, die den Größenordnungen der Unfälle von Tschernobyl (1986) und Fukushima (2011) entsprach, als extrem unwahrscheinlich angesehen und den Restrisiko-Ereignissen zugeordnet wurden, existieren derzeit auch keine nationalen Notfallpläne zum Schutz der Bevölkerung bei derart schwerwiegenden Kernkraftwerksunfällen.

Jedoch sind die beiden Unfälle von Tschernobyl und Fukushima innerhalb eines Vierteljahrhunderts eingetreten und es lassen sich derartige Unglücke bei den derzeit betriebenen Reaktoren trotz aller präventiven Maßnahmen auch weiterhin nicht gänzlich ausschließen. Daher wird vorgeschlagen, das Restrisiko von der Fixierung auf Wahrscheinlichkeiten zu entkoppeln und

118 Rehbinder 2007: 139
119 Schulze-Fielitz 2011: 48
120 Koelzer 2013: 134
121 BfS 2013

die Vorbereitung auf die Gefahrenabwehr zu erweitern: die Katastrophenvorsorge sollte künftig in der Lage sein, die Folgen erheblicher Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung, deren Größenordnung mit den Reaktorunfall von Fukushima vergleichbar ist, zu bekämpfen. Damit wären künftig derart schwere Unfallszenarien in der Notfallplanung zu berücksichtigen, auch wenn Risikoanalysen deren Eintreffen als unwahrscheinlich (wenn auch nicht als ausgeschlossen) einschätzen.

Eine derartige Vorbereitung auf die Gefahrenabwehr dient der Prävention im Vorfeld eines Ereignisses und der Reaktion im Ereignisfall. Generell basiert der Notfallschutz mit seinen Komponenten Katastrophenschutz und Strahlenschutzvorsorge auf den Prinzipien der Prävention (Schadensvermeidung) und der Mitigation (Schadensminderung). Zur Prävention gehören vorbeugende Maßnahmen mit dem Ziel, einen Anlagenzustand zu erreichen und zu erhalten, der schwere Kernschäden vermeidet. Diese Maßnahmen, zum Beispiel „*Einspeisemöglichkeiten zur Kühlung von Brennelementen und zur Sicherstellung der Unterkritikalität*“,[122] sind dem anlageninternen Notfallschutz zugeordnet. Neuere Entwicklungen in Deutschland haben dazu geführt, den anlageninternen Notfallschutz auf anlageninterne mitigative Maßnahmen zu erweitern. Zur Mitigation gehören schadensmindernde Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes mit dem Ziel, Freisetzungen von Radioaktivität und deren Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu vermeiden oder zu verringern. Die Zuordnung von Maßnahmen zum anlageninternen bzw. anlagenexternen Notfallschutz muss wegen der unterschiedlichen Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten zwischen Betreibern und Behörden eindeutig sein. Der Schwerpunkt beim anlageninternen Notfallschutz liegt auf der Anlagentechnik, um Notfälle verursachende Anlagenzustände und Ereignisabläufe zu verhindern oder deren Auswirkungen abzumildern, während der Schwerpunkt des anlagenexternen Notfallschutzes im Bereich des Strahlenschutzes liegt. Nach einem Kernkraftunfall ist das Ziel des anlagenexternen Notfallschutzes die Verringerung von Kontaminationen sowie von erhöhten Strahlenexpositionen der Bevölkerung, die als Folge von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus der Anlage auftreten können.

Während in der vorliegenden Arbeit der Schwerpunkt auf der Mitigation liegt, sind für den Notfallschutz beide Aspekte (Prävention und Mitigation) und deren Verknüpfung (Katastrophenschutz- und Strahlenschutzvorsorge) wichtig: „*Notfallschutz bedeutet zunächst vor allem die Prävention von Unfällen und Katastrophen*“[123] und der „*Notfallschutz bei*

122 BMU 2012: 42
123 Kloepfer 2011: 11

Hochrisikoanlagen besitzt […] nicht nur einen präventiven Aspekt, sondern gerade auch eine reagierende Ebene, wenn es darum geht, die Folgen eines Notfalls zu beseitigen. […] Als Bindeglied zwischen Prävention und Reaktion dient die Katastrophenvorsorge, d.h. die Vorbereitung auf die Gefahrenabwehr …".[124]

3.3 Der Reaktorunfall von Fukushima als exemplarisches Beispiel

In den folgenden Abschnitt wird z.B. aufgezeigt, dass der Fukushima-Reaktorunfall einschließlich seiner Auswirkungen und seiner Bewältigung kein singuläres Ereignis darstellt sondern beispielhaft für globale Probleme steht. Im Fall von Fukushima handelt es sich um eine Kombination von Naturkatastrophen (Seebeben, Erdbeben und Tsunami), die eine technische Katastrophe ausgelöst haben.

Die Frage, ob der im März 2011 eingetretene Reaktorunfall von Fukushima als nicht vertretbares Risiko oder als hinnehmbares Restrisiko zu betrachten ist, lässt sich auf die Frage zurückführen, die schon lange vor dem Unglück durch den Betreiber des Kernkraftwerks und dessen Aufsichtsbehörde beantwortet wurde: ob für die vor dem Zeitpunkt des Unglücks nicht vertretbaren Risiken (wie z.B. Erdbeben und Überschwemmungen durch Tsunamis) die erforderlichen risikomindernden Maßnahmen durchgeführt und die Höhe des Risikos auf ein vertretbares Maß gesenkt wurden. Das ist nicht geschehen.

Es gab gravierende und unverantwortliche Fehler in der Auslegung des Kraftwerks, darunter vor allem der unterlassene Schutz vor einem innerhalb von Jahrhunderten mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit eintretenden Tsunami und die nicht überflutungssicher ausgestalteten Sicherheitssysteme (Notstromversorgung, Nebenkühlwasserversorgung) auf der Anlage.[125] Das heißt: Hätten Japans Behörden bei Errichtung und Betrieb der Anlage ausreichend Vorsorge gegen Schäden z.B. durch Erdbeben und Überflutung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik gefordert und der Betreiber die Forderungen erfüllt sowie die bekannten vorhandenen Schwachstellen[126] beim anlageninternen Notfallmanagement zum sicheren Abfahren der Anlage und zur Bewältigung der Krise in dem erforderlichen Maße beseitigt, wäre das Schutzniveau nach dem deutschen gestaffelten Sicherheitskonzept erreicht und insbesondere der Kernkraft-Unfall mit seinen erheblichen radiologischen Auswirkungen vermieden worden. Diese Bewertung gilt auch unter Berücksichtigung der Umstände des Kernkraftunfalls von Fukushima Daiichi, die mit dem auslösenden Seebeben bzw. Erdbeben und den anschließenden Tsunamis zusammenhängen, und

124 Kloepfer 2011: 12
125 Kuczera 2011: 8
126 Kuhlen 2011b: 16–17

steht im Einklang mit der Auslegung der Kernkraftblöcke des zweiten Kernkraftwerks Fukushima Daini sowie anderen Kernkraftwerken an der japanischen Nordostküste und den dortigen Unfallabläufen.[127]

Eine grundsätzliche Frage, die im Zusammenhang mit der Nutzung der Kernenergie in Japan und in anderen Nuklearstaaten nach dem Fukushima-Ereignis[128] gestellt wird, ist also die nach der Angemessenheit des Risikokonzepts, d.h., ob das Restrisiko, deren Elemente „*Erkenntniss-ungewissheit und extreme Eintrittsunwahrscheinlichkeit*“ sind, als Konzept „*noch aufgeht*“ und „*quasi automatisch als hinnehmbar behandelt werden soll*“.[129]

Zu einer ähnlichen Bewertung über die Unfallursache kommt der Vorsitzende der japanischen Untersuchungskommission zum Fukushima-Unglück in seiner Beurteilung der Unfallursachen: *„the subsequent accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant cannot be regarded as a natural disaster. It was a profoundly manmade disaster – that could and should have been foreseen and prevented”*.[130] Dies zeigt – was nicht nur im Falle Japans zutrifft – dass die fehlende oder mangelnde Sicherheitskultur bei Betreiber und Aufsichtsbehörden ein wesentlicher Faktor ist, der zu den Unfallursachen und –folgen von Kernkraftwerksunfällen beiträgt. Im Fall von Fukushima bestand der Mangel an Sicherheitskultur in verschiedenen Phasen vor und während des Unfallablaufs. Er hat als fehlerhafte Auslegung des Kernkraftwerks zur Unfallentstehung beigetragen, so dass es nach der Naturkatastrophe (Seebeben, Erdbeben und Tsunami) zu einem Totalausfall der Stromversorgung (station blackout) und zum Unfall kam. Somit traten Brennelementschäden, Versagen von Sicherheitsbarrieren und massive Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Umwelt auf. Zudem hatte er negative Folgen bei der Unfallbewältigung, so dass sowohl Anlagenpersonal, Einsatzkräfte und Bevölkerung exponiert[131] wurden und die Umwelt kontaminiert wurde.

In einer Studie[132] im Rahmen einer Analyse zu dem Reaktorunfall in Fukushima werden weitere Punkte genannt, die Indikatoren für eine mangelnde Sicherheitskultur sind, und Hypothesen über die Unfallursachen des Reaktorunglücks aufgestellt. Diese betreffen die Strategie und Praxis der

127 GRS 2012

128 Nach Mohrbach handelt es sich beim Reaktorunglück von Fukushima um kein „Restrisikoereignis“ sondern um „grobe Fahrlässigkeit“ bei der „Festlegung der Auslegungsgrenzen u.a. für Erdbeben und Tsunamis in den 1960er Jahren“ so dass das „standortspezifische Risiko in Fukushima“ erheblich höher ist (Mohrbach 2013: 38). Da jedoch Fehlverhalten, z.B. die „Fahrlässigkeit“ im Fall Fukushima, nicht ausreichend gut erfasst werden können, stellt sich die Frage, ob die tatsächliche Eintrittswahrscheinlichkeit für katastrophale Kernkraftunfälle und somit auch das Restrisiko überhaupt zuverlässig ermittelbar sind.

129 Kloepfer 2011: 10

130 Kurokawa et al. 2012: 9

131 radioaktiver Strahlung ausgesetzt

132 ENSI 2011

staatlichen Aufsicht, organisatorische Faktoren und menschliche Faktoren. Zahlreiche der genannten Hypothesen lassen sich auf Defizite bei der Sicherheitskultur zurückführen, darunter - wie in der Studie erwähnt - einerseits Mängel bei der Aufsicht, der Unabhängigkeit der Aufsichtsbehörde sowie der Struktur des Gesamtsystems der Aufsicht, und andererseits Faktoren wie die Unterschätzung von Risiken, Selbstzufriedenheit, Ausklammern von Warnungen und Fakten sowie Versäumnisse bei der behördlichen Notfallplanung. Der gleiche Befund kann Ursache für das Versagen im Notfallmanagement durch Betreiber und Behörden während der Fukushima-Krise in Japan gewesen sein und zu dem unzureichenden Bewusstsein für die Unfallsituation, die falsche Lageeinschätzung sowie zu den Mängeln bei den Schutzmaßnahmen beigetragen haben.[133]

Der Kernkraftwerksunfall 2011 in Fukushima hat – wie schon 1986 das Tschernobyl-Unglück - offensichtlich nicht nur Zerstörungen der verunfallten Anlagen sondern auch Auswirkungen auf deren Umwelt zur Folge, wobei die nähere Umgebung der Anlage längerfristig und in stärkerem Ausmaß kontaminiert ist. Der Unfall hat aber auch gezeigt, dass je nach meteorologischer Situation während des Durchzugs der radioaktiven Wolke selbst Regionen und andere Staaten, die weit entfernt von dem verunfallten Kernkraftwerk liegen, betroffen sind. So werden z.B. die Landschaften, in denen es während des Durchzugs der radioaktiven Wolke geregnet hat, langfristig stärker kontaminiert.

Wegen des Ost-West-Konflikts war 1986 der Markt zwischen Ost und West weitgehend abgeschottet. Somit hatte das Tschernobyl-Unglück auf die westeuropäische Wirtschaft keine merklichen Auswirkungen. Anders als zu der Zeit um 1986 (Tschernobyl) sind viele Staaten nach Beendigung des Kalten Krieges im Rahmen der Globalisierung an der fortschreitenden Internationalisierung der Wirtschaft beteiligt. Der Wandel zur Globalisierung setzte 1989 ein: „*Infolge des Zusammenbruchs des Ostblocks und im Verlauf des sich anschließenden Transformationsprozesses wandelten sich nach 1989 die bis dahin ebenfalls gegenüber dem Weltmarkt weitgehend abgeschotteten Planwirtschaften Mittel- und Osteuropas zu offenen Marktwirtschaften*".[134] Dieser Wandel ist gekennzeichnet durch grenzüberschreitende Transaktionen[135]in den Bereichen Produktion, Handel und Dienstleistungen, wobei Finanzströme und Kommunikation (Postverkehr, Internet und E-mails, Fernsehprogramme) mit eingeschlossen sind. Als Folge davon war nach dem Kernkraftwerksunfall in Fukushima weltweit die Bevölkerung durch diese grenzüberschreitenden Transaktionen, speziell durch die von vielen

133 ENSI 2011: 14–30
134 Bundestag 2002: 65
135 Vgl. Menzel 2001: 226, 228

Staaten importierten Waren aus dem Unfallland Japan, betroffen. So mussten z.B. unmittelbar nach dem Fukushima-Unglück 2011 zwei Importbeschränkungen erlassen werden: auf europäischer Ebene wurden Einfuhrverbote kontaminierter Waren in die Europäische Union und auf nationaler Ebene wurde in Deutschland eine Eilverordnung für Flugzeuge erlassen.[136]

Fukushima hat exemplarisch gezeigt, dass sich viele Probleme im Zusammenhang mit Gefahren bei der Kernenergienutzung nur im internationalen Rahmen nachhaltig lösen lassen. Daher ist eine internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit unabdingbar. Ein wesentliches Ziel dieser Zusammenarbeit ist es, die Fähigkeit zu verbessern, angemessene Schutznahmen in Notfallsituationen zu ergreifen, die im Rahmen abgestimmter Verfahren zur Zusammenarbeit und auf der Basis grenzübergreifender harmonisierter Kriterien erfolgen sowie auf der Grundlage international akzeptierter Prinzipien des Strahlenschutzes beruhen. Darüber hinaus sind die Nuklearstaaten aufgefordert, die Sicherheit der bestehenden und geplanten Kernkraftwerke zu verbessern, damit Notfallsituationen erst gar nicht eintreten können. Insoweit kommt der internationalen Zusammenarbeit, den internationalen Beziehungen und den verschiedenen Formen politischer Steuerung und Koordinierung sowie dem kollektiven Handeln der Akteure (Staaten, Organisationen, gesellschaftlichen Gruppen) auf dem Gebiet der Beherrschung nuklearer Risiken eine besondere Bedeutung zu.

4. Befunde am Beispiel von Reaktorunfällen vor Fukushima

Für eine Analyse des Themenfelds Notfallschutz und Nuclear Risk Governance sind historische Ereignisse, insbesondere schwere Reaktorunfälle seit Beginn der friedlichen Nutzung der Kernenergie, sowie mit diesen Ereignissen zusammenhängende Fakten und Erkenntnisse von Interesse. Somit stehen in diesem Kapitel nach einer ersten Übersicht über bisherige Reaktorunfälle die beiden schwersten Ereignisse vor dem Fukushima-Unglück im Fokus: die Reaktorunfälle von Three Mile Island und von Tschernobyl. Daher wird auch auf Reaktionen von Behörden, Betreiber, Presse, Öffentlichkeit und Politik eingegangen und Folgerungen für Governance gezogen. Wie sich zeigt, ist bei diesen Beispielen von Kernkraftwerkunfällen das Handeln der staatlichen Akteure und der Energiekonzerne interessengeleitet und es bedarf noch erheblicher Anstrengungen, damit die Voraussetzungen geschaffen werden, dass ein im Sinne des Global Governance normengeleitetes Handeln staatlicher und nicht-staatlicher Akteure in der nuklearen Notfallschutzvorsorge und -bewältigung im Ereignisfall einsetzt.

136 Verordnung zur Strahlenschutzvorsorge bei radioaktiv kontaminierten Luftfahrzeugen (Luftfahrzeuge-EilV) vom 19. März 2011 (Luftfahrzeuge-EilV 2011: 1084)

4.1 Skizzierung bisheriger Reaktorunfälle

In der Geschichte der Kerntechnik kam es weltweit mehrfach zu Gefährdungen der nuklearen Sicherheit (nuclear safety) durch Störfälle und Unfälle. So hat es vor dem Reaktorunfall von Tschernobyl 1986 nach Smith seit Beginn des Einsatzes von Kernkraft für zivile Zwecke fünf schwere Unfälle mit radioaktiven Freisetzungen gegeben, darunter die Unfälle von Windscale 1950 in Großbritannien, Chalk River 1947 in Kanada und Three Mile Island 1979 in den USA.[137] Große weltweite öffentliche Aufmerksamkeit auf Grund eines gegenüber der Frühzeit der Kernenergienutzung geänderten gesellschaftlichen Klimas fand aber erstmalig der Kernkraftwerksunfall von Tschernobyl.

Die Informationen über die weltweit stattgefundenen Ereignisse (Störfälle, Zwischenfälle, Unfälle) in Kernkraftwerken sind lückenhaft. Im Internet findet man diverse Listen, z.B. in Wikipedia unter dem Schlagwort „Liste meldepflichtiger Ereignisse in deutschen kerntechnischen Anlagen“ eine Zusammenstellung von zahlreichen, im Allgemeinen radiologisch jedoch nicht relevanten Störungen und von zwei Störfällen in deutschen Anlagen seit dem Jahr 2000. Entsprechend ist unter dem Titel „Liste von Störfällen in europäischen kerntechnischen Anlagen“ eine Zusammenstellung von Störfällen und ernsten Störfällen in europäischen Staaten zu finden, die alle keine signifikante Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umgebung zur Folge hatten. Radiologisch relevant sind dagegen die aufgeführten 34 Unfälle der „Liste von Unfällen in kerntechnischen Anlagen“.[138] Die IAEA führt in ihrer Publikation „Lessons learned from the Response to Radiation Emergencies (1945-2010)“ zwei Unfallarten in kerntechnischen Anlagen auf: 27 „*Nuclear Critical Emergencies*” und 14 „*Emergencies in Nuclear Operations*”.[139] Der schwerste nukleare Unfall war das Reaktorunglück von Tschernobyl im Jahr 1986, der zweitschwerste Unfall der Reaktorunfall von Fukushima[140] im Jahr 2011. Zwischen diesen beiden Reaktorunglücken gab es weltweit noch drei Unfälle mit radioaktiven Freisetzungen: 1993 in der russischen militärischen Wiederaufarbeitungsanlage Tomsk[141], 1999 in der japanischen Brennelementefabrik Tokai-mura und 2006 in der belgischen Bestrahlungsanlage Fleurus.

Um nukleare Ereignisse (Vorfälle, Störfälle und Unfälle) in Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen hinsichtlich ihrer Schweregrade miteinander vergleichen zu können, wurde die Internationale Bewertungsskala für nukleare Ereignisse (INES, International Nuclear

137 Smith 2006: 172
138 Wikipedia 2012b
139 IAEA 2012: 80–86
140 Bader 2012; GRS 2012; Kuhlen 2011b; Kurokawa et al. 2012
141 ATSDR 1999 Kapitel 4.9

Event Scale) eingeführt. Die derzeit gültige Fassung ist das INES User Manual[142], dessen Vorläufer-Version in Form eines deutschsprachigen Benutzerhandbuchs[143] die verschiedenen Bewertungsaspekte für die INES-Einstufungen ausführlich erläutert.[144] Die 20 schwersten Ereignisse in allen kerntechnischen Anlagen wurden als Unfälle eingestuft. Ihre radiologischen Auswirkungen waren lokal (INES 4) bis katastrophal (INES 7), wobei in vielen Fällen das Ausmaß der Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Umwelt nicht bekannt ist:[145]

INES 7 (katastrophaler Unfall):	Fukushima Japan 2011, Tschernobyl UdSSR 1986
INES 6 (schwerer Unfall):	Mayak UdSSR 1957
INES 5-6 (ernster bis schwerer Unfall):	Simi Valley USA 1959
INES 5 (ernster Unfall):	Tschernobyl UdSSR 1982, Three Mile Island USA 1979, Belojarsk UdSSR 1977, Windscale UK 1957, Chalk River Kanada 1952
INES 4-5 (Unfall bis ernster Unfall):	Leningrad UdSSR Oktober 1974, Leningrad UdSSR Februar 1974, Lucens Schweiz 1969
INES 4 (Unfall):	Tokaimura Japan 1999, Buenos Aires Argentinien 1983, Saint-Laurent Frankreich 1980, Bohunice CSSR 1977, Windscale UK 1973, Monroe USA 1966, Idaho Falls USA 1961, Idaho Falls USA 1955

Tabelle 1: Die 20 schwersten Unfälle in kerntechnischen Anlagen nach Leliveld 2012

Es ist zu berücksichtigen, dass es Unfälle mit radiologischen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt auch ohne Kernkraftwerke gab. Das schwerste derartige Unglück war der Unfall 1987 in der brasilianischen Stadt Goiânia, bei dem gestohlenes radioaktives Material an einem Strahlentherapiegerät vier Menschen das Leben kostete und große Bereiche der Stadt durch Radioaktivität kontaminiert wurden.[146] Zudem ereigneten sich auch gravierende Vorfälle in Kernkraftwerken mit Schäden am Reaktorkern, Ausfall von Komponenten des Reaktors, Beeinträchtigungen von Sicherheitsvorkehrungen oder Barrieren des Schutzsystems, bei denen es in der Folge keine radiologisch relevanten Auswirkungen gegeben hat, aber leicht hätte zu Freisetzungen an Radioaktivität und Strahlenexposition kommen können. Vorkommnisse dieser Art sind zum Beispiel die Brände in Kernkraftwerken wie 1975 in den beiden Kernkraftwerken Browns Ferry in Alabama/USA und Greifswald in der DDR.[147] Nach Aussagen der Nuklearen

142 IAEA 2013
143 Kotthoff 1994
144 Bewertungsaspekte sind „*Radiologische Auswirkungen außerhalb und innerhalb der Anlage*" (Kotthoff 1994: 19–33) und „*Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen*" sowohl für Kernkraftwerke (Kotthoff 1994: 34–100) als auch für andere kerntechnische Einrichtungen (Kotthoff 1994: 101–129).
145 Die Tabelle ist Lelieveld et al. 2012: 4247 entnommen.
146 IAEA 1988
147 Findlay 2010c: 15; Nuclear Energy Agency 1996: 39; Petrangeli 2006: 203–204

Energieagentur NEA gab es bis zum Herbst 1994 weltweit 24 derartige Brände, die nach INES eingestuft werden mussten.[148] Ein anderes Beispiel für derartige Vorkommnisse ist der Vorfall im Kernkraftwerk Davis Besse im Jahr 2002. Dieser Vorfall wird, im Sinne der INES-Skala, nach dem TMI-Kernkraftwerksunfall als zweitschwerstes nukleares Ereignis in den USA angesehen.[149]

Störfälle und Unfälle in Kernkraftwerken haben zu einer Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit von Behörden, Betreibern und Sachverständigenorganisation geführt. Ein Beispiel für diese intensive Zusammenarbeit bietet (nach eigenen Erfahrungen) der Störfall in Paks/Ungarn am 10.04.2003. Damals standen zahlreiche Institutionen aus Deutschland, Ungarn, Frankreich, Russland und Österreich mit dem Bundesumweltministerium in Bonn in engem Kontakt. Dabei handelte es sich um Aufsichtsbehörden, Botschaften, Sachverständigen-organisationen, Betreiber- und Herstellerfirmen.[150] Ihre Aufgaben bestanden darin, Warnmeldungen über ein internationales Warnsystem weiterzugeben, Daten zum Ereignis zu übermitteln, Bericht zu erstatten, Analysen zu erstellen, die Bedeutung des Vorkommnisses einzuschätzen und Pressemitteilungen für die Öffentlichkeit herauszugeben. Die Ziele des Informationsaustausches waren also vielfältig und dienten mehreren Zwecken: Zunächst galt es, Primär- und Hintergrundinformationen zu dem Vorfall und zum Stör- oder Unfallgeschehen zu erhalten, dann bestand die Aufgabe, eine Bewertung zu Lage, Schadensursache, Schadensverlauf und mögliche Gefährdungen vorzunehmen, und schließlich waren Schlussfolgerungen und Konsequenzen für die eigene Reaktorsicherheit zu ziehen. Das Beispiel zeigt, dass selbst kleinere Kernkraftwerksunfälle das Zusammenwirken von staatlichen und nicht-staatlichen, nationalen und internationalen Akteuren erfordern, deren Handeln nicht interessengeleitet sondern normengeleitet sein sollte.

4.2 Der Reaktorunfall von Three Mile Island

Unfallhergang, Unfallablauf, Notfallmaßnahmen und Konsequenzen im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall von Three Mile Island sind von Interesse: im Jahr 1979 wurde erstmals der Öffentlichkeit ein Unfall mit Zerstörungen eines Reaktorblocks vor Augen geführt und im Jahr 1985 wurde der Weiterbetrieb gegen eine zwei Jahre zuvor erfolgte (unverbindliche) Volksabstimmung in der Region Harrisburg angeordnet. Die Anlage selbst besteht aus zwei Blöcken von Druckwasserreaktoren: Block 1 wird bei einer geplanten Laufzeit von 60 Jahren

148 Nuclear Energy Agency 1996: 39

149 Petrangeli 2006: 46, 2006: 120, 2006: 202

150 Im Einzelnen waren (nach einer unveröffentlichten internen Vorlage des Bundesumweltministerium vom 12.05.2003) die Akteure vom 10.04.2003 bis 09.05.2003 u.a.: die Internationale Atomenergieorganisation IAEA, die Gesellschaft für Reaktorsicherheit GRS, die Ungarische Aufsichtsbehörde, die Firmen Frameatome-ANP und Siemens, die Deutsche Botschaft in Budapest sowie die Deutsch-Österreichische Expertenkommission.

voraussichtlich bis zum Jahr 2034 in Betrieb sein, während der Block 2 nach 9 Betriebsjahren beim Unfall im März 1978 in einen Zustand gebracht wurde, der keinen Weiterbetrieb zuließ.

In Three Miles Island begann das Unglück am 28. März 1979 mit einer partiellen Kernschmelze im Block 2, der drei Monate zuvor nach einer Revision in Betrieb genommen worden war. Ursachen waren ein Konstruktionsfehler des Reaktorsystems, eine technische Fehlfunktion der Ventile und ein Fehlverhalten der Bedienungsmannschaft.[151] Neben Auslegungsfehlern des Reaktorsystems gehen die Ursachen auf Fehler der Beschäftigten im Kernkraftwerk zurück, die sich nach der automatischen Schnellabschaltung des Reaktors in Folge der Fehlfunktion von Ventilen ereignet haben: „*Nachdem der Druck abgesunken war, schloß dieses Ventil nicht wieder […] Dieses wäre nicht gefährlich geworden, wenn der Operateur nun das für diesen Fall zusätzlich vorhandene Absperrventil geschlossen hätte. […] Wegen der fehlenden Wärmeabfuhr fing das Wasser im Primärkreis an zu sieden, obgleich nur noch die Nachwärme abgeführt werden mußte, und ein weiterer schwerwiegender Fehler wurde jetzt vom Operateur gemacht: Er schaltete wegen der durch das Sieden verursachten Schwingungen an den Hauptmittelpumpen diese ab …*“. Der Reaktor wurde jedoch innerhalb von 100 Stunden vom Betreiber unter Kontrolle gebracht. Der US-Präsident Carter besuchte am 1. April 1979 die havarierte Anlage mit den Zielen, sich selbst einen fachkundigen[152] Überblick über die Lage zu verschaffen und die Öffentlichkeit zu beruhigen. Die Schnittstellen für die Verantwortlichkeiten und Befugnisse von Betreibern (technische Ebene) einerseits und Präsident (politische Ebene) waren klar geregelt und entsprechend hat Carter weder bei der Entscheidung für Notfallmaßnahmen während des Three Mile Island-Unfalls noch bei den Analysen, d.h. den Untersuchungen zu den Unfallursachen und bei den zugehörigen Studien zu den Unfallkonsequenzen, mitgewirkt.[153] Die US-Atomaufsichtsbehörde NRC war am 28. März 1979 vom Betreiber des Kernkraftwerks über den Störfall in der Anlage alarmiert worden. Die nach einer Freisetzung von Radioaktivität am 30. März 1979 erforderlichen anlagenexternen Notfallschutzmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung wurden von dem zuständigen Gouverneur in Abstimmung mit dem NRC-Vorsitzenden veranlasst.[154] Die Krisenkommunikation für die Öffentlichkeit, die anfangs der Betreiber des havarierten Kernkraftwerks mangelhaft umsetzte, wurde ab 30. März 1979 von einem erfahrenen

151 Bodansky 2004: 414–420; Bünemann 1992: 111–116; Eerkens 2010: 150–151; Martin 2006: 524–526; Murray 2000: 281–295; Petrangeli 2006: 7–8; Smidt 1979: 284–287

152 Carter erwarb einen *Bachelor of Science* an der Marine-Akademie in Annapolis. Er bezeichnete sich in Eigendarstellungen als *Kernphysiker, Atomphysiker* bzw. *Kerntechniker*. Auch wenn Präsident Carter formal keinen entsprechenden akademischen Hochschulabschluss besaß, hatte er sich doch – wie die Medien anerkennend berichteten - als ehemaliger Offizier eines Atom-U-Bootes „*beachtliche technische Kenntnisse erworben […], die ihn durchaus berechtigen, sich in einer Wahlrede Atom-Ingenieur zu nennen*“ (Randow 1976).

153 Aoki/Rothwell 2011: 5

154 Nuclear Regulatory Commission 2009a

NRC-Direktor (Harold Denton) geleitet, wobei gleichzeitig eine Koordinierung des Informationsaustauschs zwischen Landes- und Bundesbehörden (Governor's Office of Pennsylvania, Nuclear Regulatory Commission, White House) erfolgte.[155] Die Akteure während der Unfallphase waren einerseits die zuständigen Stellen, d.h. die Behörden des Bundesstaates Pennsylvania und des Bundes, andererseits Presse- und Medienvertreter sowie kernkraftkritische Gruppierungen. Zu den Behörden gehörten im Einzelnen: The Governor's Office of Pennsylvania unter Leitung des Gouverneurs Thornburg, The Nuclear Regulatory Commission unter Leitung des Vorsitzenden Hendrie, The Pennsylvania Emergency Agency PEMA unter Leitung des Direktors Henderson, das White House unter Präsident Carter, das US Department of Energy unter Leitung von Energieminister Schlesinger. Weiter beteiligt war das Energieversorgungsunternehmen Metropolitan Edison unter Leitung des Präsidenten Creitz. Unter den kernkraftkritischen Gruppierungen ist insbesondere die 1979 gegründete Gruppe Union of Concerned Scientists zu nennen.[156]

In Deutschland hatte der Reaktorunfall von Three Mile Island (Harrisburg) Einfluss auf die Akzeptanz der Kernenergienutzung. So stellt Kepplinger als Auswirkung von Three Mile Island durch Vergleich der repräsentativen Bevölkerungsumfragen vor und nach dem Unfall fest: „*Der Reaktorunfall von Harrisburg hatte innerhalb kurzer Zeit einen deutlichen Einfluß auf die Meinungen der Deutschen zum Bau neuer Kernkraftwerke. Der Anteil der Befürworter ging um vier Prozent zurück, zugleich nahm der Anteil der Gegner um acht Prozent zu*".[157]

Aus den Erfahrungen aus schweren Kernkraftwerksunfällen wurden Rückschlüsse zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit gezogen. So haben nach dem Unfall von Three Mile Island sowohl eine Kommission im Auftrag US-Präsidenten als auch die US-Aufsichtsbehörde NRC selbst umfangreiche Analysen und zahlreiche technische und organisatorische Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit von Kernkraftwerken durchgeführt. Der Ergebnisbericht der Kommission des US-Präsidenten wurden als Kemeny Report[158] und der Bericht der NRC als Rogovin Report[159] bekannt. Es gibt 13 umfangreichere Maßnahmen („*major changes*"), die seit dem Three Mile Island Unfall umgesetzt wurden.[160] Einige dieser Maßnahmen werden von Martin[161] aufgeführt: „*(a) an increase in the number of qualified operating personnel; (b)*

155 Comfort/Miller 2012: 28
156 Comfort/Miller 2012: 5–13
157 Kepplinger 2000: 97
158 Kemeny 1979. Der Report ist nach dem Präsidenten des Dartmouth College, John Kemeny, benannt, der von Präsident Carter als Leiter der eingesetzten Untersuchungskommission ernannt wurde.
159 Nuclear Regulatory Commission 1980, Bodansky 2004: 415
160 Nuclear Regulatory Commission 2009a
161 Martin 2006: 526

upgrading of training and operator licensing practices; (c) reviews of control room design to take account of human factors; (d) new detectors and instruments that would permit operators to know the status of the reactor at all times; (e) hydrogen detecting equipment; (f) improvement in monitoring of accident conditions, including inadequate core cooling; (g) improved intercommunications between regulators and the plants; and (h) better emergency preparedness".

Auch international sind Konsequenzen und Lehren gezogen worden. So wurde z.B. in Deutschland der Ereignisablauf des Unfalls von Three Mile Island den Untersuchungen entsprechender Ereignisabläufe in der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke gegenübergestellt.[162] Auch wurde die sicherheitstechnische Auslegung deutscher Reaktoren unter Bezugnahme auf den Three Mile Island Unfall einem Vergleich unterzogen. Als ein Ergebnis wurde aufgezeigt, dass das Kernkraftwerks Biblis-B zum Zeitpunkt des Unfalls 1979 ein ausreichendes Sicherheitsniveau gehabt hätte.[163] Zu den bedeutendsten Fortschritten und Lehren für die nukleare Sicherheit zählt die Einführung bzw. Erweiterung zweier neuer Konzepte, die sich bei dem Unfallgeschehen von Three Mile Island bewährt haben: das gestaffelte Sicherheitssystem (defense in depth) und die Sicherheitskultur (safety culture).[164]

Das Sicherheitskonzept für die Auslegung und den Betrieb von (westlichen) Kernkraftwerken ging historisch von dem GAU-Konzept aus, das sich aus analytischen Sicherheitsbetrachtungen im Rahmen der Arbeiten zu Reaktorkonzepten ergab und dessen Umsetzung bei der Errichtung von kerntechnischen Anlagen zu befolgen ist: der größte anzunehmende Unfall (GAU) muss durch die technische Auslegung der Anlage und durch zusätzliche Sicherheitseinrichtungen zu beherrschen sein.[165] Dem GAU liegt das Missverständnis zu Grunde, dass mit dessen Beherrschung auch die radiologischen Folgen, die durch alle anderen Störfälle entstehen können, abgedeckt sind.[166] Vielmehr existiert kein derartiger einziger radiologisch abdeckender Auslegungsstörfall, und das damals als GAU angesehene Unfallszenario (vollständiger Abrisses einer Hauptkühlmittelleitung am Reaktordruckbehälter im Kernkraftwerk mit der Folge des größtmöglichen und schnellsten Verlusts von Kühlmittel aus dem Kühlkreislauf) ist anlagentechnisch weit weniger kompliziert zu handhaben als z.B. ein kleines Leck im Primärkühlkreis.[167] Der Begriff Größter anzunehmender Unfall (GAU) aus der Reaktorsicherheit ist heute durch den umfassenderen Begriff des

162 Vgl.Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1979: 252–257
163 Bünemann 1992: 116
164 Petrangeli 2006: 7
165 Liemersdorf 2009: 3
166 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a
167 Wikipedia GRS 2012c

Auslegungsstörfalls abgelöst worden.[168] In der westlichen Welt wurden im Wesentlichen zwei Typen Leichtwasserreaktoren zur Stromerzeugung eingesetzt: Siedewasserreaktoren, bei denen der im Kern erzeugte Dampf direkt eine Turbine und einen Generator antreibt, und Druckwasserreaktoren, bei denen der Dampf für die Turbine in einem Sekundärkreis erzeugt wird. Nach dem GAU-Konzept waren die Sicherheitsbetrachtungen in Reaktoren jedoch auf die Anlagenteile zur nuklearen Energieerzeugung begrenzt, während die übrigen Anlagenteile des Kernkraftwerks (Sekundärkreislauf bei Druckwasserreaktoren und Anlagen zur Stromerzeugung) konventionell ausgelegt waren. Als zusätzliche Sicherheitseinrichtungen waren Notstromversorgungseinrichtungen zur Stromversorgung der Anlage bei Ausfall des Generators oder des Stromnetzes sowie ausreichende Kühlmittelmengen zur Versorgung der Notkühlsysteme Bestandteile des GAU-Konzepts. Die Sicherheitsbetrachtungen konzentrierten sich auf drei wesentliche Ziele:[169] die Sicherstellung der Reaktorabschaltung, die Beherrschung des größten anzunehmenden Kühlmittelverlusts und die Wirksamkeit des Barrierenkonzepts, nach denen technisch-physikalische Barrieren die Ausbreitung des radioaktiven Inventars aus dem Reaktorkern in die Umwelt verhindern. Entsprechend dem Barrierenkonzept bestehen beim Druckwasserreaktor im Wesentlichen sechs Barrieren: das Kristallgitter des Brennstoffes (Brennstoffmatrix), das Hüllrohr des Brennstabes, die druckführende Umschließung des Reaktorkühlkreislaufs (Primärkreisumschließung einschließlich Reaktordruckbehälter), die Betonabschirmung (sekundäres Containment), der gasdichte Sicherheitsbehälter (primäres Containment) und die Stahlbetonhülle zum Schutz vor Einwirkung von außen, wobei als zusätzliche Schutzvorkehrungen ergänzende Rückhaltefunktionen hinzukommen wie Filter in Lüftungssystemen und Unterdruckhaltung.[170] Die Schutzziele beziehen sich auf die grundlegenden Sicherheitsfunktionen, d.h. auf die Reaktivitätskontrolle bei der nuklearen Kettenreaktion, die Kühlung der Brennelemente und der Einschluss der radioaktiven Stoffe, und bestimmen die Anforderungen an die technische Auslegung der Anlage.[171]

Der Fokus der Sicherheitskonzepte lag in den Anfangsjahren vor dem Unfall in Three Mile Island 1979 auf dem Gebiet der technischen Sicherheit. Den Schwerpunkt bildeten die Systemauslegung und die Betrachtung physikalischer Aspekte, wobei in Deutschland die Sicherheit durch Technik mit der Entwicklung von fehlertoleranten Sicherheitssystemen verfolgt wurde, die einen hohen Automatisierungsgrad haben, um den menschlichen Einfluss in Form von Fehlbedienungen zu

168 Koelzer 2011a: 59
169 Liemersdorf 2009: 4
170 Liemersdorf 2009: 10; Wikipedia GRS 2012a
171 Liemersdorf 2009: 11–16

minimieren.[172] Nach dem Unfall von Three Mile Island wurde, als wesentliche Konsequenz („lessons learned"), das Sicherheitskonzept weiterentwickelt, indem zusätzlich zu den technischen Sicherheitsaspekten der Mensch und dessen Fähigkeiten und Grenzen beim Betrieb von Kernkraftwerken berücksichtigt wurden. So wurden in den USA ab 1979 neben der Komponente „Sicherheit durch Technik" die Komponente „Sicherheit durch Verhalten und Qualifikation" eingeführt, deren Elemente in der Verbesserung der Qualifikation des Betriebspersonals bestehen. Um dieses Ziel zu erreichen, sind zahlreiche Aktivitäten erforderlich[173]: vermehrte Schulungen, die Einführung der Schnittstellenergonomie durch Gestaltung von Einrichtungen und Arbeitsabläufen unter dem Gesichtspunkt Mensch-Maschine-Schnittstelle, eine schutzzielorientierte Ereignisbehandlung als Alternative zum ereignisorientierten Vorgehen bei auslegungsüberschreitenden Störfällen sowie mehr Maßnahmen auf dem Gebiet des Notfallschutzes. In Deutschland lag dagegen der Schwerpunkt des Sicherheitskonzeptes für Kernkraftwerke auf der technischen Sicherheit zur Prävention von Unfällen; während Aspekte der Mensch-Maschine-Schnittstelle nur zögerlich in Angriff genommen wurden.[174]

Durch den Unfall von Three Mile Island wurde deutlich, dass sich Experten in mehreren Punkten geirrt hatten und u.a. unzutreffende Vorstellungen von den Auswirkungen von Kernkraftwerksunfällen hatten. Im Wesentlichen bestanden vier Abweichungen bzw. Unterschiede[175]: 1) der als GAU gefürchtete Kernschmelzvorgang verlief in zweierlei Hinsicht anders als angenommen, denn einerseits schmolz der Brennstoff bei niedrigeren Temperaturen und andererseits hielt der Stahl des Reaktordruckbehälters den geschmolzenen Brennstoff („Reaktor-Lava") zurück, 2) die Stabilität des Reaktorsicherheitsbehälters war größer als angenommen, 3) wegen der stärkeren Ablagerungen der Radioisotope im Reaktorgebäude wurden ca. zehnmal weniger radioaktives Jod und Cäsium aus dem Reaktorsicherheitsbehälter freigesetzt als angenommen und 4) Dekontaminationen auf angestrichenen Strukturteilen des Reaktors waren leichter durchzuführen als ursprünglich gedacht. Diese insgesamt günstigen Ergebnisse, die das US-Energieministerium ermittelt hatte, führten jedoch zu keiner Lockerung der bestehenden Sicherheitsvorschriften. Die Kernindustrie in den USA hatte zwar nach der Veröffentlichung dieser Ergebnisse auf weniger stringente Vorgaben zur kerntechnischen Sicherheit gedrängt, was die Aufsichtsbehörde u.a. wegen der großen Unsicherheiten bei der Analyse abgelehnt hat.[176]

172 Liemersdorf 2009: 20
173 Liemersdorf 2009: 20
174 Liemersdorf 2009: 20
175 Haaf 1985
176 Haaf 1985

Aus Kernkraftwerksunfällen haben Staaten, wie erwähnt, immer Lehren gezogen. So hat z.B. die amerikanische Aufsichtsbehörde NRC (Nuclear Regulatory Commission) nach dem Reaktorunglück von Three Mile Island 1979 regulatorische Änderungen durchgeführt sowie organisatorische und technische Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit der 104 US-amerikanischen Kernkraftwerke veranlasst.[177] Im März 2009 hat die NRC einen Kurzbericht (Fact Sheet) unter dem Titel „Plant Safety Performance After the TMI-2 Accident" herausgegeben, in dem an Hand von Sicherheitsindikatoren die Entwicklung der Verbesserung der Sicherheit der US-amerikanischen Kernkraftwerke („Trends in Nuclear Plant Performance") aufgezeigt wird. Als Sicherheitsindikatoren sind aufgeführt: „*Significant Events, Accident Precursors, Safety Systems Actuations, Automatic Scrams While Critical, Collective Radiation Exposure*".[178] Die Erkenntnis, dass der *Faktor menschliches Handeln* (*human factor*) als mögliche Ursache für Kernkraftunfälle angesehen werden muss, hat den Weltverband der Kernkraftwerksbetreiber WANO[179] veranlasst, zur Verbesserung der Sicherheitsstandards in Kernkraftwerken „*entsprechend der sich ständig verändernden Anforderungen spezielle Unterstützung auf dem Gebiet der ‚Human Performance', ‚Arbeitsbeobachtung', ‚Programm zur kontinuierlichen Verbesserung' und ‚Sicherheitskultur'*"zu entwickeln.[180]

Ob die Lehren, die aus Störfällen und Unfällen gezogen wurden, ausreichend sind, muss man bezweifeln, solange die Aufsichtsbehörden nicht konsequent die Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen durchsetzen. Ein Beispiel aus dem Jahr 2008 zeigt, dass hier gravierende Mängel bestehen: 33 Jahre nach dem Brand in dem US-Kernkraftwerk Browns Ferry (1975) erfüllen einige der zehn untersuchten amerikanischen Kernkraftwerke noch immer nicht die staatlichen Brandschutzregelungen, die nach dem Vorfall im Jahre 1975 erlassen wurden:[181] „*In July 2008 the US Government Accountability Office (GAO), after studying just ten US reactors, reported that some of the country's nuclear power plants have yet to comply with some of the government's fire safety regulations issued after the 1975 Browns Ferry fire.*"

4.3 Der Reaktorunfall von Tschernobyl

Der Reaktorunfall von Tschernobyl ist bis heute der schwerwiegendste Unfall in der Geschichte der Reaktortechnik- Auslöser war ein am 29. April 1986 gegen die geltenden Sicherheitsvorschriften durchgeführtes Experiment, das zur Simulation eines vollständigen

177 Nuclear Regulatory Commission 2009b
178 Vgl. Nuclear Regulatory Commission 2009b
179 World Association of Nuclear Operators (WANO)
180 Haferburg 2011: 110
181 Findlay 2011: 102

Stromausfalls und der Umschaltung der Stromerzeugung auf Eigenbedarf diente. Im Experiment sollte ermittelt werden, „*wie lange die Hauptspeisewasserpumpen durch die Rotationsenergie des Turbogenerators bei Netzausfall weiter mit Strom versorgt werden können*“, wobei die Pumpen „*Teil eines schnell wirkenden Notkühlsystems*“ sind, das „*für eine kurze Zeitspanne benötigt wird, bis das Langzeit-Notkühlsystem angelaufen ist. […] Daß der Reaktor unter diesen Umständen betrieben wurde, war ein schwerer Verstoß gegen die bindenden Sicherheitsvorschriften*“.[182]

4.3.1 Die Tschernobyl-Krise in der Sowjetunion

Beim Reaktorunglück von Tschernobyl und bei der Bewältigung seiner Folgen wurden politische Entscheidungen über Schutzmaßnahmen getroffen, die Empfehlungen von Fachleuten zum Beispiel zur Evakuierung und zur Jodblockade der Schilddrüse widersprachen. Dadurch wurden das Ausmaß der Katastrophe und die gesundheitlichen Risiken der Bevölkerung erheblich verschlimmert. So hatte z.B. der Leiter des Instituts für Atomenergie der belarussischen Akademie der Wissenschaften, Nesterenko, auf der Basis von Messergebnissen seines Instituts am 29.04.1986 der belarussischen Parteispitze eine Evakuierung großer Teile der Bevölkerung, die bis zu 100 km entfernt von dem havarierten Reaktor lebten, gefordert und eine umfassende Jodblockade vorgeschlagen. Durch die Moskauer Zentrale wurde jedoch nur die Evakuierung der Stadt Pripjat durchgeführt, in der viele Mitarbeiter des Kernkraftwerks Tschernobyl lebten, während die Evakuierung der Bevölkerung aus der 30 km-Zone um den Reaktor erst im Mai 1986 erfolgte. Die Bevölkerung in den betroffenen Regionen wurde nicht informiert. Z.B. wurden noch am 1. Mai 1986 die Paraden zum Tag der Arbeit abgehalten.[183] Schon zu Beginn des Reaktorunglücks von Tschernobyl am 26. April 1986 wurde ein extremer Mangel an offener Information der politischen Führung gegenüber der betroffenen Bevölkerung und der Öffentlichkeit insgesamt sowie gegenüber den ausländischen Staaten offenkundig. So hatte in Moskau die politische Leitung beschlossen, das Ereignis des Reaktorunglücks zu vertuschen und eine Nachrichtensperre zu erlassen. Generalsekretär Gorbatschow, der die kommunistische Partei der Sowjetunion von 1985 bis 1991 führte und der damaligen Befehlskette vorstand, äußerte sich erstmals 18 Tage nach Ereignisbeginn zu dem Reaktorunfall[184]: „*Am 14. Mai wandte sich Gorbatschow in einer Fernsehansprache ans Volk und stimmte die Menschen auf die Bewältigung der Folgen des Unglücks ein.*“[185] Alle politischen Führer sowohl der Zentralregierung in Moskau als auch in den Teilstaaten (Unionsrepubliken) des föderalistischen Staatenbundes Sowjetunion

182 Bünemann 1992: 118 (Im Original ist der letzte Satz des Zitats hervorgehoben).
183 Sahm 2006: 12
184 Aoki/Rothwell 2011: 6
185 Wikipedia 2012c

schwiegen, als es um die Fragen der gesundheitlichen Gefährdungen von Hunderttausenden von Aufräumarbeitern ging.

Ebenfalls inakzeptabel war das Verhalten der sowjetischen Behörden während des Unfallablaufs: das anfängliche Schweigen gegenüber der Öffentlichkeit und der von der Strahlenbelastung betroffen Bevölkerung sowie die Verharmlosung der radiologischen Lage und der Spätfolgen des Unfalls. Viele Beispiele belegen das Fehlverhalten: Obwohl das Reaktorunglück in Tschernobyl am 26. April 1986 mit der Zerstörung des Kerns von Block 4 und des Reaktorgebäudedachs durch Explosion sowie mit der massiven Freisetzung großer Mengen radioaktiver Stoffe begann, bestätigte die amtliche Moskauer Nachrichtenagentur TASS erst am Abend des 28. April 1986, dass sich im Kernkraftwerk Tschernobyl eine Havarie ereignet hatte, nachdem am Morgen desselben Tages Mitarbeiter des 1300 km entfernten schwedischen Kernkraftwerks Forsmark eine erhöhte Strahlenbelastung außerhalb ihrer Anlage gemessen hatten.[186] Während in den Sommermonaten mehrere Hunderttausend Kinder aus den strahlenbelasteten Gebieten zu Ferienaufenthalten in andere Gebiete verschickt wurden, versicherten die sowjetischen Behörden, dass keine gesundheitliche Gefahr bestehe und die Menschen aus den kontaminierten Gebieten bald in ihre Heimat zurückkehren könnten.[187] Die Menschen in der Umgebung des Unglücksortes wurden trotz der Gesundheitsgefahren als Folge radioaktiver Freisetzungen aus dem havarierten Reaktor von Tschernobyl nicht gewarnt, so dass sie sich ohne Schutzmaßnahmen im Freien aufhielten. Zum Beispiel fanden in der Nachbarschaft des verunfallten Reaktors eine Sportveranstaltung mit Jugendlichen und in der ca. 100 km entfernten Großstadt Kiew Vorbereitungen und Paraden zum 1. Mai 1986 statt, da die vorhanden radioaktiven Gefahren der Bevölkerung nicht bekannt waren.[188]

Die Internationale Länderkommission (ILK) kritisiert die staatliche sowjetische Informationspolitik während der Tschernobyl-Krise: So „*bestand die Informationspolitik der Behörden der ehemaligen Sowjetunion in der Anfangsphase vor allem in Hinhalten und Leugnen. Dieses Verhalten wurde gegenüber der eigenen Bevölkerung und auch gegenüber dem Ausland eingenommen. […]Außerdem wurde von den Medien ein erheblicher politischer Druck auf die Entscheidungsträger ausgeübt, zum Teil aufgrund der öffentlichen Wahrnehmung der Strahlungsgefahr*.“ [189] Erst drei Jahre nach dem Tschernobyl-Unglück wurden in der Sowjetunion die ersten unvollständigen thematisch-geografischen Karten über die radioaktive Belastung in den

186 Krämer/Mackenthun 2001: 276
187 Sahm 2006: 12
188 Spiegel 2007
189 Internationale Länderkommission 2006: 20

Medien veröffentlicht und die Informationssperre über die Katastrophenfolgen weitgehend aufgehoben.[190]

Im Gegensatz zu den im Westen betriebenen wasser-moderierten Kernkraftwerken (Leichtwasserreaktoren) kann es im Ereignisfall bei den Reaktoren vom Tschernobyl-Typ, wie 1986 geschehen, zu Leistungsexkursionen und Graphitbränden kommen. Wie aus den teilweise veröffentlichten Protokollen des Politbüros hervorgeht[191], hat ein Teil des engeren Zirkels der Parteiführung schon *vor* dem Tschernobyl-Unglück Kenntnisse darüber gehabt, dass die in der Sowjetunion eingesetzten graphit-moderierten Reaktoren vom Tschernobyl-Reaktortyp nicht sicher sind, deren Schutzsystem unzureichend ist und es in der Vergangenheit mehrfach auf Grund des Reaktordesigns und der mangelhaften Auslegung zu Beinahe-Katastrophen und Unfällen gekommen war. Zum Beispiel kam es im November 1975 im Kernkraftwerk Leningrad[192] und im September 1982 im Kernkraftwerk Tschernobyl[193] zu derartigen Ereignissen, bei denen jedoch keine erheblichen Mengen an Radioaktivität in die Umgebung ausgetreten waren.

Auch war bei der Bewältigung der Katastrophe in Tschernobyl die Art des Einsatzes der zahlreichen (angeblich freiwilligen) Liquidatoren bei der Unfallbekämpfung sowie bei den Lösch- und Aufräumarbeiten unverantwortlich. Die Zahl der in den Jahren 1986 und 1987 als Rettungskräfte und Aufräumarbeiter (sog. Liquidatoren) innerhalb der 30-km-Sperrzone von Tschernobyl eingesetzten Personen betrug etwa 200.000, die Aufräumarbeiten liefen bis 1990 und die Gesamtzahl aller Liquidatoren erhöhte sich auf ca. 600.000 Personen.[194] Die Betroffenen erfuhren nichts von den gesundheitlichen Risiken und waren häufig ohne spezielle Schutzkleidung auf dem stark radioaktiv belasteten Kernkraftgelände im Einsatz und damit hohen Strahlendosen ausgesetzt.[195] „*Von 134 Mitgliedern der vor Ort operierenden Rettungsdienste, bei denen akute Strahlenschäden beobachtet wurden, starben 28 Betroffene noch 1986 an deren Folgen. Neuere Untersuchungen deuten zudem darauf hin, dass es in einer Gruppe von Aufräumarbeitern (Liquidatoren), die in den folgenden Jahren die Unfallfolgen beseitigten und dabei in den ersten beiden Jahren einer Dosis von über 100 mSv ausgesetzt waren, in den Jahren von 1991-1998 bereits zu einer Erhöhung der Sterblichkeit gekommen sein könnte*".[196] „*Die Strahlendosis der Feuerwehrleute und Liquidatoren, die der ersten Phase ausgesetzt waren, reichte von wenigen hundert mSv bis zu mehr als 10 Sv für einige Feuerwehrleute. Es bleibt unsicher, welche Dosis die*

190 Sahm 2006: 13
191 Neef 2011
192 Spiegel 1992: 275
193 Lelieveld et al. 2012: 4247
194 Bundesamt für Strahlenschutz 2006: 13
195 Alexijewitsch 2006: 3
196 Strahlenschutzkommission 2006: 7

an den späteren Aufräumungsarbeiten beteiligten 200.000 bis 600.000 Liquidatoren erhalten haben, aber die Dosis lag überwiegend zwischen 100 und 500 mSv".[197]

Langfristig gibt es in Folge der Auswirkungen in der Umgebung des Kernkraftwerksunfalls von Tschernobyl psychologische Belastungen für die Bevölkerung, d.h. „*Unter den Bewohnern der stark kontaminierten Gebiete gibt es eine signifikante Zunahme verschiedener psychiatrischer Störungen*".[198] Insbesondere wurde in der Sowjetunion in den stark kontaminierten Gebieten nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl eine Zunahme psychiatrischer Störungen beobachtet: „*Nach 20 Jahren ist das Trauma des Unfalls von Tschernobyl bei einer Bevölkerung von 7 Millionen Menschen, die in der Nähe der Sperrzone leben, immer noch greifbar. Die Angst vor möglichen Spätfolgen der Strahlung wirkt paralysierend und verursacht Stress. Vorliegende Studien haben gezeigt, dass mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl im Zusammenhang stehende psychische Probleme sich im Laufe der Zeit nicht verringerten*". [199]

4.3.2 Inkonsistente nationale Schutzmaßnahmen während der Tschernobyl-Krise

Schwere Reaktorunfälle wie 1986 in Tschernobyl haben grenzüberschreitenden Charakter und erfordern ein koordiniertes Vorgehen der Behörden. Während nach dem Tschernobyl-Unglück in der Sowjetunion in den kontaminierten Gebieten, die heute in der Ukraine, Russland und in Weißrussland liegen, wegen der unterlassenen Jodblockade ein signifikanter Anstieg von Erkrankungen an Schilddrüsenkrebs in der Bevölkerungsgruppe zu beobachten war, wurde in Polen durch Verabreichung von Kaliumjodid an ca. 18 Millionen Personen eine effektive Jodblockade durchgeführt. Im Ergebnis trat in Polen kein Anstieg der Schilddrüsenkrebshäufigkeit auf: „*Insgesamt wurden im Zeitraum 1986 bis 2002 unter den zum Zeitpunkt des Unfalls 0- bis 18-Jährigen in Weißrussland und in der Ukraine 4.590 Schilddrüsenkrebsfälle beobachtet. Fall-Kontrollstudien belegten einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Strahlenexposition nach dem Tschernobyl-Unfall und der Erhöhung der Erkrankungsrate an Schilddrüsenkrebs, wobei rund 40% der beobachteten Fälle auf die Strahlenexposition zurückgeführt werden*".[200] "*Die Effektivität der Iodblockade wurde nach Tschernobyl […] an 10,5 Millionen Kindern und 7,5 Millionen Erwachsenen in den östlichen Teilen Polens belegt, in denen es ebenfalls zu relativ hohen Strahlenexpositionen durch Radioiod kam. […] Die Nachuntersuchungen der insgesamt 18*

197 Internationale Länderkommission 2006: 6
198 Internationale Länderkommission 2006: 7
199 Internationale Länderkommission 2006: 7
200 Strahlenschutzkommission 2006: 8

Millionen Personen in Polen erbrachten keinen Anstieg der Schilddrüsenkrebshäufigkeit und nur minimale Nebenwirkungen der Maßnahme".[201]

Der zeitnahe internationale Informationsaustausch über die Folgen der Tschernobyl-Katastrophe fehlte weitgehend oder war unzureichend, was nur zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass die Umweltradioaktivität nicht systematisch gemessen wurde und lediglich einzelne punktuelle Messergebnisse vorlagen.[202] „*Die UdSSR hatte zunächst gar nicht und dann auch nur unzureichend über die Unfallsituation informiert. Ebenso waren auch keine Informationen über die Kontamination der Umwelt aus den anderen östlichen Staaten verfügbar. Westliche Länder wie Frankreich nahmen die aufgetretenen Kontaminationen nicht offiziell zur Kenntnis*".[203]

Auch bei der Bevölkerung in den von den Folgen von Tschernobyl betroffenen Staaten dürfte der Eindruck entstanden sein, sie werde über die wirklichen Gefahren getäuscht, wenn die staatlichen Stellen – wie in Deutschland und seinen Nachbarstaaten geschehen – als Reaktion auf die Umweltfolgen der Reaktorkatastrophe inkonsistente Schutzmaßnahmen erlassen haben. Die während des Tschernobyl-Unglücks erlassenen Eingreifrichtwerte für Milch im In- und Ausland zeigen besonders deutlich, wie verworren und unkoordiniert die Lagebehandlung war: Während die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP als Höchstwert für die Vermarktung von Milch („*banning of milk*") einen Bereich von 2000 bis 20000 Becquerel pro Liter (Bq/l) angab, legte die deutsche Bundesregierung den Wert auf 500 Bq/l fest. Grundlage für diese Entscheidung war die Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 2. Mai 1986, nur Frischmilch mit weniger als 500 Becquerel pro Liter (Bq/l), bezogen auf das Iodisotop I-131, zu verzehren.[204] „*Der 500-Becquerel-Wert für Milch war von den Erfahrungen hergeleitet worden, welche Strahlenmediziner bei der Diagnose von Jod 131 und bei der Behandlung mit hohen Strahlungsdosen gewonnen haben ...*".[205] Dagegen führten einige Staaten nationale Eingreifrichtwerte für Milch ein, die *höher* lagen (z.B. Polen mit 1000 Bq/l und die Sowjetunion mit 37000 Bq/l) während andere Staaten *geringere* Eingreifrichtwerte festgelegt hatten, z.B. Finnland mit 185 Bq/l und Österreich mit 370 Bq/l.[206] Bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerungen ist jedoch zu beachten, dass die Strahlenbelastungen in den Staaten sehr unterschiedlich hoch waren, es keine übergreifenden internationalen anerkannten Regelungen gab und jedes Land eigene Kriterien für die Festlegung von Grenzwerten oder Eingreifrichtwerten zu Grunde legte. Am Beispiel der

201 Reiners 2006: 98
202 Bundesamt für Strahlenschutz 2006: 34
203 Bundesamt für Strahlenschutz 2006: 34
204 Oberhausen/Gumprecht 1996: 155–156
205 Spiegel 1986a: 27
206 Czada 1991: 305

Bodenkontaminationen konnte man die Variationsbreite der Strahlenbelastung erkennen: So variierten die durchschnittlichen Kontaminationswerte für die Bodenstrahlung, gemessen in Becquerel pro Quadratmeter (Bq/m^2) bezogen auf das Radioisotop Cäsium, nach dem Tschernobyl-Unglück in den elf westeuropäischen Ländern zwischen 4 Bq/m^2 in Spanien und 23000 Bq/m^2 in Österreich, während es in der Bundesrepublik Deutschland einen mittleren Wert von 6000 Bq/m^2 gab, der regional stark schwankte und in Süddeutschland mit durchschnittlich 15000 Bq/m^2 sehr viel höher lag als in Norddeutschland mit 3000 Bq/m^2.[207] Bezüglich der Kriterien in Deutschland ließ sich die Strahlenschutzkommission bei der Festlegung der Werte von Risikoüberlegungen für stochastische Strahlenschäden leiten, wobei sie die Schwankungsbreite natürlicher Strahlenexposition in Deutschland und die vorliegenden Spezifikationen in den Rechtsverordnungen berücksichtigte. Dabei orientierte sie sich an den Werten der Strahlenschutzverordnung für die Begrenzung von Strahlenexpositionen der Bevölkerung beim Betrieb von kerntechnischen Anlagen sowie an den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes in der Umgebung von Kernkraftwerken.

4.3.3 Die Tschernobyl-Krise in Deutschland

Die Situation in Deutschland war besonders ungünstig, weil während der Tschernobyl-Krise nicht einmal bundeseinheitliche Eingreifrichtwerte, die zur Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung dienen, bestanden bzw. einheitlich festgelegt wurden, sondern sich Bundesländer mit eigenen Grenzwerten z.B. zur Vermarktung von Milch durchsetzten. So lag in Hessen der Grenzwert für Milch mit 20 Becquerel pro Liter (Bq/l) weit unter dem vom Bund vorgegeben Wert (500 Bq/l), ebenso galt dies für Fleisch (mit 100 Bq/kg statt 250 Bq/kg).[208] Hessen war nicht das einzige Bundesland mit abweichenden Werten, z.B. hatte Schleswig-Holstein für Milch ebenfalls einen anderen Grenzwert (50 Bq/l) festgelegt[209]. Auf Landes- und kommunaler Ebene wurde den Vorgaben der Bundesregierung nicht gefolgt: „*... the states of Hesse and Berlin as well as many local administrations did not follow the federal recommendations*“.[210]Für die Bevölkerung im Bodenseeraum war zum Beispiel nicht nachvollziehbar, dass einerseits die Strahlenschutzkommission dem Bundesinnenminister empfahl, einen Grenzwert für Milch in Höhe von 500 Becquerel pro Liter festzulegen, während andererseits die Physiker der Universität Konstanz gegenüber dem zuständigen Landrat ein Vermarktungsverbot ab 100 Becquerel pro Liter empfahlen. Nachdem sich aus dem Tschernobyl-Reaktor nach Deutschland verfrachtetes

207 Czada 1991: 294
208 Czada 1991: 305
209 Spiegel 1986a: 27
210 Czada 1991: 317

radioaktives Iod-131 in Kuhmilch anreicherte, empfahl die Strahlenschutzkommission Anfang Mai 1986 bundeseinheitlich die Freigabe von Frischmilch mit weniger als 500 Bq /l I-131 zum Verzehr, während andererseits einige Bundesländer ein wesentliches strengeres Verzehrsverbot für Frischmilch ab 20 Bq/l aussprachen.[211] Auch wurden in benachbarten Ortschaften gegenteilige Maßnahmen angeordnet, z.B. wurde in Wiesbaden die Schließung aller Sport-, Freizeit- und Spielstätten im Freien angeordnet während dies in Mainz unterblieb.[212] Die Maßnahmen in Deutschland waren so widersprüchlich, dass die Strahlenschutzkommission eine Analyse der Ursachen für erforderlich hielt. So bat sie darum „*Erhebungen durchzuführen, wodurch die vielfältigen unterschiedlichen Empfehlungen auf Länder- und kommunaler Ebene entstanden sind. Es wäre zu prüfen, wie die aufgetretenen Verunsicherungen aufgrund der unterschiedlichen Richtwerte und Empfehlungen hätten vermieden werden können*".[213] Die Gründe für die unterschiedlichen Empfehlungen dürften mannigfaltig sein, teilweise könnten einzelne Entscheidungen über Schutzmaßnahmen von parteipolitischen Zielen beeinflusst gewesen sein und es dürften bei den politischen Parteien auch in dem Zeitraum unmittelbar vor und nach dem Tschernobyl-Unglück durchgeführte Wahlen (Wahlergebnisse der Kommunalwahl am 2. März 1986 in Schleswig-Holstein[214] und die bevorstehende Landtagswahl am 15. Juli 1986 in Niedersachsen[215]) eine Rolle gespielt haben.[216] Der radioaktive Fallout in Folge des Tschernobyl-Kernkraftunglücks 1986 traf das Krisenmanagement in der Bundesrepublik Deutschland unvorbereitet. So bemängelt Czada[217] zutreffend die mangelhafte dessen Umsetzung und kommt unter dem Eindruck der Auswirkungen in Deutschland zusammenfassend zu folgenden Befunden: schnelle vorbeugende Maßnahmen wurden nicht ergriffen, da weder Politiker noch Experten sich über die Schwere des Ereignisses einigen konnten und rechtliche Vorgaben (Gesetze, Verordnungen oder Richtlinien) zur Regelung von weiträumigen Kontaminationen (radioaktiver Fallout) aus dem Ausland fehlten. Die Koordinierung zwischen den verschiedenen Verwaltungsebenen war problematisch, da niedere Verwaltungsebenen in den ersten Wochen keine Instruktionen von der Bundesregierung oder den Landesregierungen erhielten und zwischen den Ministerien politisch motivierte Kompetenzstreitigkeiten bestanden, die nur durch eine zentrale Koordinierungsstelle hätten gelöst werden können. Zudem war die Struktur des

211 Bundesamt für Strahlenschutz 2006: 9
212 Spiegel 1986a: 21
213 Strahlenschutzkommission 1986: 32
214 Bei den Wahlen hat CDU und FPD Verluste hinnehmen müssen während SPD und (kernkraftkritische) Grüne Gewinne erzielen konnten (Chroniknet 2012).
215 Die CDU verlor 6,4 Prozent gegenüber der Landtagswahl 1982, wo sie mit 50,7 Prozent unter Ministerpräsident Albrecht die absolute Mehrheit der Stimmen errungen hatte. Sie erhält mit 44,3 Prozent etwas mehr Stimmenanteile als die SPD mit 42,1 Prozent, wobei der Gewinn der SPD 5,6 Prozent im Vergleich zu 1982 beträgt (Wikipedia 2012a).
216 Czada 1990: 350
217 Czada 1990, hier zitiert nach Ruhrmann/Kohring 1997: 127

konsensorientierten kooperativen Föderalismus durch parteipolitisch motivierte Konflikte in der Atompolitik gekennzeichnet und ungeeignet, dem schnellen Entscheidungsbedarf zu genügen.

Negativ auf die Akzeptanz und die Glaubwürdigkeit der Krisenkommunikation im Verlauf des Tschernobyl-Unglücks haben sich in Deutschland nach Huber mehrere Faktoren ausgewirkt[218]: die Interessengebundenheit von Informationen, die Widersprüchlichkeit von Informationen sowie die Anmaßung einer Autoritätsstellung ohne nachträgliche Rechtfertigung. So beschreibt Huber, ähnlich wie Czada, die unterschiedlichen Reaktionen der Parteien, Verwaltungen, Experten und der Bevölkerung (das Publikum) und deren Ursachen[219] Er stellt fest, dass die Krisenkommunikation der deutschen Parteien wegen deren Ausrichtungen und grundsätzlichen Einstellungen zum technologischen Fortschritt bzw. zur Kernkraftnutzung zu inkompatiblen Situationen und in der Folge zu Misstrauen in der Bevölkerung führte. Den Experten wirft er vor, dass sie uneinig über die Auswirkungen der Strahlenbelastung[220] waren und ihre Schutzanforderungen (z.B. Grenzwerte) oft nicht wissenschaftlich belegen konnten und zum Teil parteipolitische Interessen vertraten. Die Bevölkerung wiederum hat die Uneinigkeit und Unsicherheit der Experten wahrgenommen, wurde aber nicht in die Lage versetzt, die Annahmen der Experten selbst bewerten zu können. Huber stellt fest, dass die Verwaltung auf Grund des politischen Einflusses der jeweiligen Regierung unterschiedliche Maßnahmen (z.B. bei der Festlegung von Grenzwerten) ergriffen hat und in den zwei bis drei Wochen nach der Katastrophe außerstande war, einheitliche Richtlinien festzulegen. Insbesondere erhebt er den Vowurf, dass die allgemeine Unsicherheit über die Lage während der Krise von Verwaltung und Politik für eigene, *„interessensgeleitete Situationsdefinitionen ausgenutzt“* wurde.

Entsprechend den Befunden von Czada war die Situation während der Anfangsphase des Tschernobyl-Unglücks ab dem 26. April 1986 gekennzeichnet durch ungenügende Vorbereitungen auf einen derartigen Ereignisfall und durch fehlende Regelungen über Schwellenwerte, bei deren Erreichen Maßnahmen zum Gesundheitsschutz der Bevölkerung erforderlich werden. Dies führte dazu, dass die Behörden anfangs eine abwartende Haltung („*wait-and-see attitude*“[221]) einnahmen. Da einheitliche Leitlinien in der ersten Woche des Tschernobyl-Unglücks fehlten, Zuständigkeiten nicht klar geregelt waren, inkonsistente politische Vorgaben gemacht wurden und es an fachlichem Sachverstand in den lokalen Verwaltungen mangelte, kam es nach Czada zu einer „*administrativen*

218 Huber 1990, hier zitiert nach Ruhrmann/Kohring 1997: 146
219 Ruhrmann/Kohring 1997: 146
220 Czada 1991: 301
221 Czada 1991: 296

Krise"[222], zumal der Handlungsdruck durch Öffentlichkeit und Bevölkerung stark zunahm. So hatten sich bis zum 2. Mai 1986 im süddeutschen Raum in ungefähr 10 Prozent aller Städte und Landkreise spontan spezielle Komitees zur Bewältigung der Krise und zur Beratung der Bevölkerung gebildet. Exemplarisch beschreibt Czada[223] die Bildung einer entsprechenden ad-hoc-Gruppe unter Leitung des damaligen Landrates des Kreises Konstanz (Hr. Maus), die aus Mitarbeitern der Verwaltung und aus Experten der Universität Konstanz (Prof. Recknagel und Dr. Lindner) Verhaltensempfehlung für die Bevölkerung im Raum Konstanz herausgab und mit der heimischen Milchindustrie vereinbarte, Milch über 100 Becquerel pro Liter nicht zu vermarkten, wobei dieser Wert auch beibehalten wurde, nachdem von Seiten des Bundes der (von der Strahlenschutzkommission vorgeschlagene) Grenzwert in fünffacher Höhe veröffentlicht wurde. Diese lokalen Initiativen bildeten damit gegenüber den Behörden konkurrierende gesellschaftliche Akteure, die vielfach die Legitimation der zivilen Kernenergienutzung grundsätzlich in Frage stellten. Ihr großes Gewicht hing mit der kontroversen Diskussion um Strahlengrenzwerte und mit dem aufkommenden Zweifel sowohl an der Objektivität und Zuverlässigkeit wissenschaftlicher Aussagen zu den Folgen der Radioaktivität aus Tschernobyl als auch an der offiziellen Informationspolitik zusammen.

Das Kernkraftunglück löste in Deutschland zum Teil mentale und psychologische Effekte und Überreaktionen, wie die Strahlenschutzkommission feststellte: „*Die mentalen und psychologischen Effekte, die das Ereignis vom 26. April 1986 in Deutschland auslöste, waren und sind individuell und kollektiv höchst unterschiedlich und sie korrelieren keineswegs mit der Höhe und Ausbreitung der Strahlendosis*".[224] „*Ebenso kann gezeigt werden, wie die deutsche Bevölkerung mit der Nichtwahrnehmbarkeit moderner ABC-Gefahren umging, wie sie gegenüber widersprüchlicher und fehlender Information reagierte und auch überreagierte, als der Eindruck entstand, sie werde über die wirklichen Gefahren getäuscht. Daraus entstanden Initiativen und Protestaktionen, Demonstrationen und veränderte Verhaltens-, Konsum- und Ernährungsstrategien, aber auch überschießende Reaktionen bis hin zu Hamsterkäufen und Selbstevakuierungen sowie eher symbolisch zu verstehende Entsorgungs- und Dekontaminationsaktionen (‚Molke')*".[225] Spätestens als in Deutschland Ende April und Anfang Mai 1986 radioaktive Luftmassen von Tschernobyl eintrafen, sich ein Teil radioaktiver Stoffe auf dem Boden ablagerte und, vorrangig in Süddeutschland, Milch und einige erntereife Produkte wie

222 „The local authorities were facing an administrative crisis …" (Czada 1991: 296).
223 Czada 1991: 300–301
224 Strahlenschutzkommission 2006: 11
225 Strahlenschutzkommission 2006: 11

Blattgemüse wegen der höheren Kontamination nicht zum direkten Verzehr freigegeben wurden, waren Ängste und das Gefühl, persönlich gefährdet zu sein, stark verbreitet.[226]

Zum Teil mag diese Einstellung sowie Betroffenheit, Hilflosigkeit, Verwirrung und Ratlosigkeit in der deutschen Bevölkerung auch durch zahlreiche verschiedene Faktoren beeinflusst worden sein . Diese Einschätzung lässt sich aus den sechs Befunden entnehmen, die man insbesondere aus den Berichten des Spiegel ableiten kann, die zur Tschernobyl-Katastrophe im Jahr 1986 erschienen. Zu diesen Befunden gehören erstens eine überzogene Berichterstattung und Risikoeinschätzung in den Medien.[227] Beispielsweise war die Wortwahl in den Medien oder von selbsternannten Experten häufig so gewählt worden, dass Ängste und Befürchtungen damit einhergingen, (z.B. „*jodverstrahlt*“, „*atomverseucht*“, „eine „*alarmierende*“ Kontamination im Raum München, die „*in der Konzentration außer in Atomtestgebieten noch nie dagewesen ist*“) und Grenzwerte wurden sozusagen in Tote umgerechnet, (z.B. schloss Greenpeace aus dem offiziellen Grenzwert von 500 Becquerel pro Liter Milch, der angeblich „*unverantwortlich hoch*“ sei, dass „*in den nächsten 30 Jahren […] mit über 7000 Fällen an Schilddrüsen-Krebs gerechnet werden*“ müsse). Zweitens gab es offizielle Aussagen, die im Verdacht standen, dass Politiker, Behörden und Experten das Ausmaß der Gefährdung herunterspielen wollten. So kritisierte u.a. der Spiegel Bundesinnenminister Zimmermann wegen seiner Aussage „*Wir sind 2000 Kilometer von dieser Unfallstelle entfernt. Eine Gefährdung der deutschen Bevölkerung ist ausgeschlossen*“, nachdem erhöhte Strahlenwerte in der Bundesrepublik Deutschland bekannt wurden.[228] Drittens fanden sich Aussagen in der Presse, die Behörden würden negative Informationen zurückhalten. In diesem Sinne fand man die Schlagzeile „*Sagt endlich die Wahrheit!*“ in der Münchener Zeitung *tz* oder die Aussage einer Münchener Stadträtin, die im Spiegel mit der Frage zitiert wurde „*Wer garantiert uns, daß nicht die Atomlobby auf die Meßergebnisse Einfluß nimmt?*“.[229] Viertens wurde von absurd klingenden, überzogene Forderungen an Schutzmaßnahmen berichtet, beispielsweise im Spiegel von der Forderung der Münchener Stadtfraktion der Grünen, dass die Stadt unentgeltliche Busse bereitstellen solle, um sämtliche Münchener Kleinkinder nach Portugal zu evakuieren.[230] Fünftens wurde die fehlende oder ungenügende Vorbereitung der Behörden und Ministerien offenkundig, wenn laut Spiegel[231] der Hamburger Umwelt-Staatsrat Vahrenholt von einer „*fehlenden Vorbereitung des Bundes*“ und der Regensburger Amtsleiter Oberbürgermeister Schörnig von einer „*mangelnden Unterstützung*“.sprach. Fünftens berichtete die Presse von

226 Köcher 2011
227 Spiegel 1986a, 1986b
228 Spiegel 1986a: 19
229 Spiegel 1986a: 19
230 Spiegel 1986a: 19
231 Spiegel 1986a: 20

offenkundig unglaubwürdigen Aussagen von Politikern. So kannten auch Laien erkennen, dass die z.B. im Spiegel zitierte Aussage des Baden-Württembergischen Umweltministers Weiser „*Es gibt keinen Krisenstab, weil es keine Krise gibt*“ nicht mit der Realität übereinstimmte, da in zahlreichen Verwaltungen auf kommunaler Ebene Krisenstäbe eingeführt waren. Auch war die im gleichen Artikel des Spiegels wiedergegeben Einschätzung Weisers „*Wenn wir den Unfall [von Tschernobyl] bei uns im Land gehabt hätten, dann wäre alles geregelt gewesen*“ vor dem Hintergrund des Wirrwarr behördlicher Anordnungen, Empfehlungen und Maßnahmen nicht nachvollziehbar.[232] Ein sechster Befund, der negativen Einfluss auf die Glaubwürdigkeit der Bevölkerung hatte, war die auch vom Spiegel aufgegriffene öffentliche Kritik von Behörden gegenüber dem Notfallmanagement anderer Behörden. So stellte der Hamburger Umweltsenator die von dem Bundesumweltministerium herausgegebenen Kontaminationshöchstwerte in Frage mit der öffentlichen Bemerkung, *jetzt würden „[Werte] aus dem Boden gestampft. Werte, bei denen man gar nicht weiß, ob sie sicher sind*“.[233] Abweichungen von Landes- oder Bundesbehörden gemessenen Werten gegenüber den von eigenen kommunalen Messtrupps wurden in der Presse kritisiert wie z.B. im Fall des Würzburger Oberbürgermeisters Zeitler, der von einem „*Treppenwitz*“ sprach, dass *‚nur noch in Südbayern‘ die Luft radioaktiv belastet, während in Würzburg bei Frischgemüse und Gras ganz erhebliche“* Werte gemessen worden seien.[234] Da es in Baden-Württembergs Hauptstadt eine geringere Strahlenbelastung gab, wurden Messergebnisse aus dem stärker belasteten Süden Baden-Württembergs angezweifelt, so dass auch Czada feststellen musste: “*state officials did not believe the reports from the south of the state*“.[235]

In einer Situation zu Beginn der Tschernobyl-Krise in Deutschland, die man als Chaos von Information und Desinformation bezeichnen könnte, hatten gerade Aussagen von Fachleuten, die der Realität nahekamen, keine oder kaum eine Chance gehabt, angenommen zu werden. So sind in der damaligen Lage Abschätzungen zur zusätzlichen Strahlenbelastung durch Tschernobyl vorgenommen und Vergleiche gezogen worden, die (nach Auffassung des Verfassers) zur jeweiligen gegebenen realen radiologischen Lage passten und den gesundheitlichen Auswirkungen der Bevölkerung zu dem damaligen Zeitpunkt in etwa entsprachen, jedoch kaum in der Öffentlichkeit beachtet wurden. So wurden während der Tschernobyl-Krise in Deutschland wurden von offiziellen Stellen[236] durchaus Risikovergleiche vorgenommen, die auch aus heutiger

232 Spiegel 1986a: 21
233 Spiegel 1986a: 27
234 Spiegel 1986a: 23
235 Czada 1991: 314
236 Die im nachstehenden Text sinngemäß wiedergegebenen Aussagen stammen laut Spiegel vom Leiter des Offenbacher Stadtgesundheitsamtes (Hr. Zimmer), vom Pressesprecher des Bayerischen Umweltministeriums (Hr.

Sicht akzeptabel sind, etwa wenn die zusätzliche Strahlenbelastung der Offenbacher Bürger mit einem "*14-tägigen Aufenthalt in Davos*" und die „*Wirkung der Ganzkörperexposition als Folge der radioaktiv verunreinigten Luftmassen in Bayern*" mit einem „*Umzug von München nach Garmisch über das ganze Jahr hinweg*" verglichen wurden. Ein weiteres, auch aus heutiger Sicht fachlich akzeptable Risikobewertung sind die damaligen Prognosen, dass entsprechend „*vorläufigen*" Schätzungen der unmittelbaren Folgen der Strahlenexposition die radiologischen Auswirkungen „*in Schweden zu einer „maximal acht zusätzlichen Krebstoten in den nächsten 40 Jahren*" führen und - wegen der Unsicherheiten der prognostizierten Strahlenbelastung - „*in ganz Europa zu zusätzlichen Krebsfällen, die bei 80 aber auch 8000 liegen* dürften".

Zu bedenken ist, dass die Bevölkerung im Allgemeinen wenig mit den Fachbegriffen des Strahlenschutzes anzufangen weiß und häufig keine Vorstellung davon hat, welche Becquerel- und Dosiswerte in Normalsituationen auftreten. Vor diesem Hintergrund war es in der Tschernobyl-Krise besonders ungünstig, dass sich die Voten von Fachleuten in Deutschland, auf die sich die Behörden beriefen, offensichtlich widersprachen: So war sinngemäß von „*keiner Gefahr und keiner Langzeitgefahr*"[237] die Rede, aber auch von „*nicht prognostizierbaren Gesundheitsschäden*", da sich „*die bisherigen Strahlendosen noch verzehnfachen können*".[238] Zudem wurde dem Bürger überlassen, ob er das Auftreten von Späteffekten bezweifle, da unterhalb eines Wertes, der wesentlich höher ist als die in Deutschland gemessenen Werte, keine strahlenmedizinischen Effekte zu sehen seien.[239] Demgegenüber wurden von Kernkraft-kritischen Wissenschaftlern z.B. Aussagen zu Messergebnissen gemacht, die in der Bevölkerung große Besorgnis hervorrufen mussten. Ein Beispiel, das zur Verunsicherung der Bevölkerung geführt haben dürfte, ist die Bewertung von Professor Lengfelder vom Institut für Strahlenbiologie der Universität München: Nachdem das Bayerische Umweltministerium für den Raum südlich der Donau und östlich des Lechs Boden-Messwerten von 30000 bis 40000 Becquerel pro Quadratmeter angegebenen hatte, soll sich Professor Lengfelder (laut Spiegel) über die Folgen sinngemäß wie folgt geäußert haben: *falls die aus diesen Messwerten abzuleitenden Cäsium 137-Werte zuträfen, müsse man für die Bundesrepublik „mit etlichen tausend zusätzlichen Krebsfällen" rechnen.*[240] Das Ergebnis war ein doppeltes Kommunikationsproblem gegenüber der Bevölkerung:

Grass), die Abschätzungen zur Strahlenbelastung vom Leiter des schwedischen Strahlenschutz-Instituts (Hr. Bengtsson); vgl. Spiegel 1986a: 23–24.

237 Prof. Hundeshagen, Nuklearmediziner an der Medizinischen Hochschule Hannover (vgl. Spiegel 1986a: 24)

238 Eine ähnliche Aussage stammt von Professor Glöbel, dem Leiter der Universitätsklinik Homburg an der Saar (Spiegel 1986a: 24).

239 Eine sinngemäße Aussage dürfte laut Spiegel der Leiter des Instituts für Medizin der Kernforschungsanlage Jülich, Professor Feinendegen, gemacht haben (Spiegel 1986a: 24–25), wobei der dort angegebene Wert von „30000 Millirem" der Dosis von 300 MilliSievert (mSv) entspricht.

240 Spiegel 1986a: 24

Erstens wurde nicht klar, dass „keine akute Gefährdung“ lediglich hieß, dass auf Grund des geringen Strahlenpegels keine deterministischen oder akuten Strahlenschäden auftreten würden. Zweitens konnte nicht adäquat vermittelt werden, dass eine nicht oder allenfalls schwer abschätzbare Zahl von nicht identifizierbaren Personen in Deutschland als Folge der tage- und wochenlangen Strahlenexposition auf Grund des Tschernobyl-Unglücks in weiter Zukunft (nach Jahren oder Jahrzehnten) an Krebs erkranken oder an Krebs sterben würde.

Bei der Risikokommunikation und Gefahrenabschätzung wurde, im Gegensatz zu Schweden, in Deutschland weitgehend versäumt, einen Vergleich mit der aus den 1950er und 1960er Jahren bekannten Kontamination und Strahlenbelastung der Bevölkerung als Ergebnis des Fallouts bei Kernwaffenversuchen herzustellen: Auch beim Fallout wurden wie beim Tschernobyl-Unglück neben weiteren Radioisotopen insbesondere die beiden Leitnuklide Iod-131 und Cäsium-137 mit den Luftmassen weltweit verfrachtet und lagerten sich ab. Statt Vergleichszahlen zu liefern, wurde in Deutschland in einigen Fällen auf Nachfrage von den Behörden mitgeteilt, dass die alten Messreihen (in Hamburg) „*nicht auffindbar*“ oder die Messwerte (in Köln) „*wegen zu hohen Aufwandes nicht mehr erhoben worden*“ bzw. „*die Meßkurven schon vor Jahren eingestellt worden*“ waren, „*weil es zu aufwendig war*“.[241] Dagegen wurde in Schweden zu Vergleichszwecken auf kontinuierliche Messreihen zu den oberirdischen Atombombenversuchen zurückgegriffen.[242]

Risikovergleiche sind immer schwer zu handhaben und es ist auch aus heutiger Sicht nicht leicht, durch Bezugnahme auf bekannte Sachverhalte klarzumachen, wie gering oder wie hoch die tatsächliche Strahlenbelastung für die Bundesbürger durch den Tschernobyl-Unfall insgesamt geworden ist. Nach Erfahrungen des Verfassers dürfte der Vergleich mit der natürlichen Strahlenbelastung am ehesten verständlich sein, wonach durch die von Tschernobyl verursachte Strahlenexposition, deren Höhe etwa 1,3 MilliSievert (mSv) beträgt, durchschnittlich ein bis zwei Prozent der während der gesamten Lebenszeit erhaltenen natürlichen Strahlenexposition entspricht. Für die besonders betroffene Personengruppe in Deutschland (Kinder im Gebiet südlich der Donau) lässt sich die zusätzliche effektive Dosis wie folgt als 1-Jahres- bzw. 50-Jahresdosis abschätzen: Im ersten Folgejahr nach dem Tschernobyl-Unglück ist diese Dosis 0,35 MilliSievert (mSv), was 15% der mittleren jährlichen Dosis durch natürliche Strahlenexposition entspricht. *Für 50 Jahr*e ergeben sich 1,3 MilliSievert (mSv), was etwa 1% „*der mittleren, durch natürliche Strahlenexposition bedingten Dosis während der gesamten Lebenszeit*“ entspricht. Bei

241 Spiegel 1986a: 25
242 Spiegel 1986a: 25

beiden Dosisabschätzungen ist zu beachten, dass für einige Bereiche des Voralpengebietes die Dosiswerte doppelt so hoch sein können.[243]

Ein weiterer Fehler während der Tschernobyl-Krise bestand in dem Versuch einiger deutscher Behörden und Ministerien, Information zurückzuhalten*: „Bis Mitte letzter Woche, zehn Tage nach dem Aufziehen der radioaktiven Wolke, gab es keine offiziellen Merkblätter für die Bevölkerung*“ und „*Immer deutlicher wurde, daß die bayerischen Behörden schon frühzeitig über die Gefahr der Atomwolke informiert waren, diese Werte aber zurückhielten, die Werte herunterspielten und eine rechtzeitige Warnung der Bevölkerung unterließen*“.[244] Darüber hinaus versuchten sogar Behörden anfangs, Messwerte gegenüber der Öffentlichkeit geheim zu halten, wie das Beispiel der Zentrale des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Offenbach, einer Anstalt des öffentlichen Rechts unter Aufsicht des Bundesverkehrsministeriums, zeigt: Laut Spiegel wurde dem Wetteramt München untersagt, dass die übermittelten Werte der gemessenen Radioaktivitäten als VS/NfD (Verschlusssache – nur für den Dienstgebrauch) eingestuft sind, als Unterlagen für die Beratung ausschließlich den jeweiligen Landesregierungen zu geben und nicht zur Weitergabe an die Öffentlichkeit bestimmt sind.[245]

Während der Durchführung des Notfallmanagements kam es mehrfach zu Pannen bei der Kontrolle und Unterbindung des Inverkehrbringens kontaminierter Produkte, die sich auf ein unkoordiniertes Vorgehen und einen mangelnden Informationsaustausch der Behörden zurückführen lassen.So wurden nach dem Tschernobyl-Unglück in Bayern zwar alle Obst- und Gemüsefahrzeuge aus dem Ostblock nach den Anweisungen des Bundesgesundheitsministeriums an den östlichen Grenzen kontrolliert und deren Ladung im Falle von Kontaminationen vernichtet, aber es fehlten über einen längeren Zeitraum entsprechende Kontrollen des grenzüberschreitenden Schiffsverkehrs auf der Donau und der indirekten Importe aus Italien.[246]

Auch gab es zwischen den Ressorts Kompetenzgerangel um die Federführung und Zuständigkeiten in der Tschernobyl-Krise, zum Beispiel in Hessen zwischen dem Umweltministerium und dem Sozialministerium[247] und in Baden-Württemberg zwischen dem Landwirtschaftsministerium und dem Gesundheitsministerium.[248] Tatsächlich waren zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unglücks unterschiedliche Ressorts für die Folgen des Reaktorunfalls

243 Bayer et al. 1996: 148
244 Spiegel 1986a: 21
245 Spiegel 1986a: 21
246 Spiegel 1986a: 23
247 Spiegel 1986a: 21
248 Czada 1991: 99

von Tschernobyl zuständig, z.B. in Hessen das SPD-geführte Sozialministerium unter Minister Clauss und nicht das von dem Grünen-Politiker Fischer geleitete Umweltministerium, während in Baden-Württemberg das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten unter Minister Weiser einerseits von Ministerpräsident Späth mit der Federführung zur Bewältigung der Tschernobyl-Krise beauftragt worden und andererseits das Gesundheitsministerium des Landes bei Fragen der Jodblockade auf seiner Zuständigkeit in Gesundheitsfragen bestand.

Das Verhalten der Bevölkerung beruhte auf mangelndem Wissen über die durch das Tschernobyl-Unglück bedingte geringe Strahlenwirkung in Deutschland und auf der Unkenntnis darüber, dass die Strahlenschutzkommission „*ihre Empfehlungen nur für den konkreten Fall der Begrenzung der Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl getroffen hat*“[249] und die genannten Maßnahmen ausschließlich Vorsorgemaßnahmen sind. So gab es während der Tschernobyl-Krise Meldungen in den Medien, die einen Nicht-Wissenschaftler verwirren konnten, z.B. die Tatsache, dass die Mitarbeiter von Energieversorgungsunternehmen wegen der in deutschen Kernkraftwerken vorhandenen strahlenärmeren Luft erst durch Duschen dekontaminiert werden mussten, bevor sie in den Kontrollraum des Reaktors durften.[250] Auch waren einige Beiträge von Fachleuten[251] im Zusammenhang mit der Krisenkommunikation und der Strahlenangst weiter Bevölkerungskreise nicht hilfreich, z.B. Hinweise auf die Hormesis[252] und die „*nützlichen Wirkungen kleiner Strahlung*“. Diese Hinweise waren für Laien auch deshalb verwirrend, weil sie im Widerspruch zu der in Fachkreisen weitgehend akzeptierten LNT-Hypothese[253] stehen, die besagt, dass es bei stochastischen Strahlenschäden näherungsweise eine lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung anzunehmen ist.

4.3.4 Vergleich der Berichterstattung und Wahrnehmung in Deutschland und Frankreich beim Unfall von Tschernobyl

Kernkraftwerksunfälle verändern die Haltung der Bevölkerungen gegenüber der Nutzung der Kernenergie. Das gilt insbesondere für ein so schwerwiegendes Ereignis wie das Unglück von Tschernobyl 1986. Zutreffend hat der französische Nobelpreisträger Charpak festgestellt, dass die Akzeptanzverlust der Kernenergie wesentlich von Kernkraftwerksunfällen abhängt, die durch menschliches Fehlverhalten oder in zerstörerischer Absicht verursacht werden: „*Das, was wirklich*

249 Strahlenschutzkommission 1986: 5
250 Spiegel 1986a: 26
251 Z.B. vom ehemaligen Leiter des Instituts für Strahlenschutz der GFS, Prof. Wachsmann,(Spiegel 1986a: 26).
252 Unter dem Begriff *Hormesis* werden – von wissenschaftlichen Gremien nicht anerkannte – positive Auswirkungen geringer Mengen ionisierender Strahlung auf den menschlichen Organismus verstanden.
253 „LNT“ ist die Abkürzung für „linear no threshold“, d.h. für eine „lineare Dosis-Wirkungs-Beziehung ohne Schwellenwert“.

die Kernenergie schwächt, sind die Aussicht brutaler Unfälle wie in Tschernobyl (dessen Ursache weitgehend im benutzten Reaktortyp und im Unvermögen einer Bürokratie lag, um den Schleier des Geheimnisses über alle Mängel zu werfen) und, schlimmer noch, die Aussicht eines Nuklearkrieges oder eines konventionellen Krieges, der sich Kernkraftwerke zum Ziel nimmt".[254] So wuchs in Deutschland zum Beispiel schon nach dem Störfall im Kernkraftwerk Brunsbüttel im Juni 1978 „*die ablehnende Haltung der Anwohner gegenüber dem Gefahrenpotential*" innerhalb kürzester Zeit sprunghaft und der „*Anteil derer, welche „Strahlengefahr" explizit als persönliches Negativ-Moment positionieren […] verdreifachte sich [innerhalb eines Jahres] nahezu*".[255]

Kepplinger[256] hat die Kernkraftwerksunfälle von Harrisburg (Three Mile Island) und Tschernobyl als „*Schlüsselereignisse*"[257] bezeichnet, die „*von den meisten Medien als Symbol für die Risiken der Kernenergie dargestellt*" wurden und bedeutenden Einfluss auf die Meinung der Bevölkerung in Deutschland hatten.[258] Jedoch sind die Wahrnehmung der Kernenergie und die öffentliche Meinung zur Nutzung der Kernkraft von Land zu Land verschieden. Wie ein Vergleich zwischen Deutschland und Frankreich zeigt, können weitere Faktoren hierfür ursächlich sein, auf die Sauzay[259] hinweist: „*So ruft die Kernenergie in Deutschland mehrheitlich Verurteilung und Furcht hervor. Dabei handelt es sich in der Tat um Furcht und nicht um Angst im Sinne eines unbegründeten, panikartigen psychologischen Zustands. Es handelt sich hier um einen grundlegenden Unterschied zwischen der französischen und deutschen Wahrnehmung, der sich aus der deutschen Kultur, Geschichte und Geographie erklärt*".[260] Die Furcht vor „*Verstrahlung*"[261] (d.h. vor Strahlenschäden) als Folge des Tschernobyl-Unglücks war in der deutschen Bevölkerung besonders groß. Sie hing einerseits mit mangelnden Kenntnissen, andererseits aber in Deutschland auch mit der extrem intensiven (und häufig negativen) Berichterstattung in den Medien zusammen: Nach Kepplinger[262] erschienen in den 20 Wochen nach Beginn des Reaktorunfalls am 26. April 1986 weit mehr Aussagen zur Kernenergie in Deutschland als in Frankreich. So hatten die deutschen Blätter (Frankfurter Allgemeine Zeitung, Süddeutsche Zeitung, Spiegel) vom 26.04. bis 13.9.1986 insgesamt 17726 Aussagen über die

254 Charpak 2000: 78
255 Spiegel 1986a: 27
256 Kepplinger 2000: 96
257 „Schlüsselereignisse sind spektakuläre Geschehnisse, über die sehr umfangreich berichtet wird, bzw. spektakuläre Berichte über mehr oder weniger übliche Ereignisse", (Kepplinger 2000: 93).
258 Kepplinger 2000: 97
259 Brigitte Sauzay (1947-2003), langjährige Unterabteilungsleiterin im französischen Außenministerium und ab 1998 Beraterin von Bundeskanzler Schröder.
260 Sauzay 2000: 191–192
261 Der Begriff „*Verstrahlung*" ist fachlich nicht korrekt. Er wird aber von Medien und Öffentlichkeit häufig verwendet, um die negativen Ausprägungen von Strahlenschäden zu betonen.
262 Kepplinger 2000: 90–93

Kernenergie veröffentlicht, während die vergleichbaren französischen Blätter (Le Figaro, Le Monde, L'Express) auf nur insgesamt 6093 Aussagen über Kernenergie kamen.[263] D.h. bei einem Vergleich von den genannten jeweils drei führenden Zeitungen in beiden Ländern betrug das Verhältnis drei zu eins. Darüber hinaus war auffällig, dass in Deutschland schon vor dem Unglück die wertenden Aussagen von Journalisten und anderen wichtigen Berufsgruppen tendenziell negativ besetzt waren. So war vor dem Tschernobyl-Unglück die Tendenz der wertenden Aussagen über Kernenergie seit dem Jahr 1985 lediglich bei den Unternehmern positiv, während sie – in fallender Reihenfolge – bei den Politikern (ab 1985), Journalisten (ab 1978), Wissenschaftlern (ab 1982) und Umweltgruppen negativ war.[264] Auch die Schwerpunkte der Berichterstattung nach dem Tschernobyl-Unglück waren beim Ländervergleich verschieden: während in Deutschland „*der Reaktorunfall als eine Bestätigung der etablierten Ängste vor den Risiken der Kernenergie begriffen*"[265] wurde, berichteten die französischen Medien nicht über die Kernenergie in Frankreich sondern nur über den aktuellen Anlass, der sich in der Sowjetunion ereignet hatte.

4.3.5 Regelungsbedarf und offene Punkte nach der Tschernobyl-Krise als Governance-Problem

Zur Governance-Problematik gehören, wie erwähnt, die widersprüchlichen Bewertungen der Behörden sowohl in den Bundesländern als auch in den Nachbarstaaten, die zur Unsicherheit und Sorge in der Bevölkerung beigetragen haben. In der Bilanz zum Reaktorunfall von Tschernobyl stellt die Strahlenschutzkommission fest: „*So zeigt ein Vergleich der staatlichen und administrativen Maßnahmen mit den Reaktionen in anderen Ländern sehr unterschiedliche Definitionen von Gefährdung und von Betroffenheit. Der Verdacht, dass Tschernobyl im entfernten Ausland weitgehend eine Informations- und Kommunikationskatastrophe gewesen sei, lässt sich mit der inzwischen verfügbaren Datenlage bestätigen: Das Ereignis wurde zu spät, unwahr, verharmlosend und inadäquat kommuniziert*".[266]

Inkonsistente Lageeinschätzungen, unterschiedliche radiologische Bewertungen und darauf aufbauende widersprüchliche Maßnahmen der zuständigen Behörden und verantwortlichen Stellen in nuklearen Notfallsituationen lassen sich nicht ohne Weiteres beseitigen. Um Verbesserungen zu erzielen, bedarf es neuer Formen der Steuerung und Koordinierung in Organisationen auf innerstaatlicher (lokaler, regionaler und bundesweiter), europäischer und internationaler Ebene und einer stärkeren Beteiligung von Akteuren in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft. Zudem

263 Kepplinger 2000: 90
264 Kepplinger 2000: 86
265 Kepplinger 2000: 92
266 Strahlenschutzkommission 2006: 11

müssen zentrale Fragen in einem gesellschaftlichen Diskurs geklärt werden. Eine dieser Fragen bezieht sich auf die Sicherheitsanforderungen und lautet, wie weit die Strahlenexposition der Bevölkerung zu begrenzen ist, um „sicher“ zu sein. Die Anforderungen sind nicht allein technischer Natur sondern haben einen Bezug zu Politik und Gesellschaft: Die Frage nach ausreichender Sicherheit („How safe is safe enough“) wird in Bezug auf Risiken schon seit vielen Jahren gestellt[267] und analysiert. Sie spielt eine Rolle bei Entscheidungen darüber, welches Risiko der Gesetzgeber als akzeptabel betrachten soll und bei welchem Risiko keine weiteren Handlungen mehr erforderlich sind. Um widersprüchliche Bewertungen zu vermeiden, bedarf es eines Konsenses und eines gemeinsamen Maßstabs in den Regierungssystemen und institutionellen Strukturen sowohl im Hinblick auf ein Minimierungsgebot[268] im Strahlenschutz als auch bei der Umsetzung des ALARA[269] genannten Prinzips im Strahlenschutz, das als Leitlinie zur Begrenzung der Belastung von Mensch und Umwelt durch ionisierende Strahlen und als Grundsatz zur Vermeidung unnötiger Bestrahlung und Kontamination dient.[270]

Vor dem Hintergrund der erheblichen Auswirkungen des Reaktorunglücks von Tschernobyl und grenzüberschreitender mangelhafter Maßnahmen zur Unfallverhütung und zur Minimierung der Unfallauswirkungen ergab sich in der nationalen und internationalen Politik akuter Regelungs- und Handlungsbedarf. Anders als der Three Mile Island Unfall hat sich erstmals beim Kernkraftwerksunfall von Tschernobyl 1986 deutlich gezeigt, dass die unkontrollierte Freisetzung von radioaktiven Stoffen als Folge eines schweren Unfalls nicht nur Auswirkungen auf die unmittelbare Umgebung hat, sondern wegen der weiträumigen grenzüberschreitenden Verfrachtung von Radionukliden viele Staaten der Erde von dem Reaktorunfall betroffen sind. Die Auswirkungen waren deshalb gravierend, weil viele Staaten unvorbereitet waren: „*Kein Staat, der von den Fernwirkungen durch radioaktive Niederschläge betroffen war, verfügte über einschlägige Regelungen für ein derartiges Ereignis*“.[271] Auch in Deutschland fehlten klare Zuständigkeitsregelungen und Maßstäbe für angemessene Vorsorgemaßnahmen, die sich auf Verzehrsempfehlungen oder auf Verhaltensweisen bezogen, z.B. bei Aufenthalt und Verhalten im Freien. Sicherlich ist der Ratschlag[272], in der Anfangsphase des Unfalls, d.h. in den ersten Tagen nach dem Unglück bzw. solange keine weitere Kenntnisse zur radiologischen Situation verfügbar sind, den Aufenthalt im Freien auf das Notwendigste zu beschränken und Kinder nicht in

267 Z.B. bei Fischhoff et al. 1978
268 Zum *Minimierungsgebot* der Strahlenschutzverordnung s. Grupen et al. 2008: v
269 ALARA ist das Akronym für „As Low As Reasonably Achievable“ („so gering wie vernünftigerweise erreichbar“).
270 Grupen et al. 2008: 91
271Sellner/Hennenhöfer 2007: 918
272 Leitgeb 1990: 281

Sandkisten spielen zu lassen, auch aus heutiger Sicht empfehlenswert. Allerdings wurden nach Tschernobyl auch Regelungen erlassen und z.B. Empfehlungen zum Unterpflügen von Feldfrüchten oder zum längerfristigen Sperren von Kinderspielplätzen[273] gegeben, bei denen es aus heutiger Sicht strittig ist, inwieweit diese Maßnahmen angemessen oder notwendig waren.

Auch fehlte es an einer geeigneten Risikokommunikation in Deutschland wie die Strahlenschutzkommission schon 1986 feststellte, indem sie empfahl „*die Probleme des Strahlenrisikos in ausgewogener und verständlicher Form der Bevölkerung und den Politikern darzustellen, damit es künftig nicht zu Überreaktionen kommt. Die Problematik der Strahlenkrebsrisiken sollte in einer anschaulichen Form dargestellt werden, wobei eine bessere Bewertung des Strahlenkrebsrisikos im Vergleich zu anderen Krebsrisiken ermöglicht wird*".[274] Kritisch anzumerken ist aus Sicht des Verfassers, dass diese Empfehlung bis heute noch nicht adäquat umgesetzt ist.

Untersuchungen im Rahmen der Sicherheitsforschung zur Übertragbarkeit des Reaktorunglücks von Tschernobyl auf deutsche Anlagen kamen zu dem Ergebnis, dass einerseits das Risiko eines Kernschmelzunfalles nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, andererseits aber Unfallfolgen wie in Tschernobyl wegen der umfangreicheren Sicherheitssysteme und -maßnahmen bei den deutschen Kernkraftwerken auszuschließen sind.[275] Diese Bewertung entsprach auch der Feststellung der Reaktorsicherheitskommission, die auf zwei sicherheitstechnisch bedeutsame *Merkmale* hinwies, die in deutschen Reaktoren aber nicht beim Tschernobyl-Reaktortyp vorhanden sind. Dabei handelt es sich zum einen um die sogenannte fehlerverzeihende Technik und zum anderen um geeignete Schutzvorkehrungen organisatorischer (Betriebsregelungen) und technischer Art (Schutzverriegelungen, Sicherheitsautomatiken). Die Reaktorsicherheits-kommission kommt in ihrer Bewertung vom 15. Oktober 1986 somit zu dem Schluss, „*daß eine prompt überkritische Leistungsexkursion, wie sie sich beim Kernkraftwerk Tschernobyl ereignet hat, aufgrund der inhärenten Eigenschaften und der technischen Ausrüstung in einem LWR [= Leichtwasserreaktor] deutscher Bauart ausgeschlossen ist*".[276]

Es erfolgte als eine der Konsequenzen aus dem Tschernobyl-Unglück eine Überprüfung und Überarbeitung von Einrichtungen und Maßnahmen in den Anlagen, um die Ziele der Reaktorsicherheitstechnik durch aktive und passive Einrichtungen weiter zu verbessern. Als eine der Maßnahmen wurde zur Verhinderung des langsamen Überdruckversagens und Bersten des

273 Sellner/Hennenhöfer 2007: 918
274 Strahlenschutzkommission 1986: 33
275 Zech 1988: 118
276 zitiert nach Bünemann 1992: 120

Sicherheitsbehälters in deutschen Reaktoren ein System zur gefilterten Druckentlastung installiert, nachdem man bisher angenommen hatte, dass der Sicherheitsbehälter dem Druck in unbekannter Höhe auf Dauer standhalten würde. Dieses System, als „*Wallmann-Ventil*“[277] bezeichnet, dient zur Verhinderung von gefährlichen Überdrücken bei einem Kernschmelzunfall und ist geeignet, bei einer Kernschmelze mit austretender Radioaktivität einen Teil der Radionuklide im Reaktor zurückzuhalten.[278] Zudem wurden die Notwarten, von denen aus Kernkraftwerke ersatzweise gesteuert werden können, auch bei den älteren Anlagen mit Instrumenten ausgestattet wie bei regulären Warten. Damit liegen bei einem Unfall technische Daten aus dem Reaktor in den Notwarten vor, die sowohl eine Beeinflussung des Störfallablaufs ermöglichen als auch Daten und Informationen liefern können, die als Entscheidungsgrundlagen für Schutzmaßnahmen (z.B. Evakuierungen) dienen.[279] Kristisch anzumerken bleibt, dass diese Schritte zur Erhöhung der nuklearen Sicherheit als Konsequenz aus dem Tschernobyl-Unglück sich lediglich auf anlageninterne nationale Vorkehrungen im Notfallschutzvorkehrungen bezogen und es versäumt wurde, auch gegen die Interessenlagen einzelner Länder, die weiter auf Kernenergie setzten, die internationale Harmonisierung des Notfallschutz und Erhöhung des Bevölkerungsschutzes bei künftigen Kernkraftwerksunfällen voranzutreiben.

Zehn Jahre nach Tschernobyl wurde innerhalb der Gemeinschaft von Strahlenschutzexperten zwar anerkannt, dass aus der Katastrophe gelernt wurde, aber dennoch einige Aspekte bis heute unzureichend betrachtet oder nicht angemessen umgesetzt wurden. So hat Prêtre in diesem Zusammenhang vier Punkte[280] aus den Erfahrungen mit radiologischen Unfällen und deren Bewältigung genannt, die es zu beachten bzw. zu berücksichtigen gilt. Erstens geht die besondere Gefährdung von Mensch und Umwelt vom Radioisotop Cs-137 aus[281], wie die erheblichen Kontaminationen bei den schweren Unfällen von Tschernobyl 1986 und Goiânia 1988 gezeigt haben. So führte beim Unfall von Goiânia schon eine die geringe Menge des Radioisotops Cs-137, die in einem Würfel von 3 cm Kantenlänge Platz hat, zu einem kontaminierten Abfall mit einem Volumen von 3500 Kubikmetern, der in 17500 Fässern abgefüllt wurde.[282] Zweitens verursacht, wie die Erfahrungen nach dem Kernkraftwerksunfall von Tschernobyl gezeigt haben, eine großräumige Ausweisung von dauerhaft kontaminierten Flächen erhebliche gesellschaftliche

277 benannt nach dem ersten Bundesumweltminister Walter Wallmann
278 Spiegel 1986b
279 Spiegel 1986b
280 Prêtre 1996: 459–478
281 Cäsium-137 (Cs-137) besitzt eine Halbwertszeit von ca. 30 Jahren bzw. eine zugehörige Aktivität, die - vereinfacht dargestellt - in der Mitte zwischen zwei weniger gefährlichen Gruppen von Radioisotopen liegt, d.h. zwischen der Gruppe der stark strahlenden aber sehr kurzlebigen einerseits und der Gruppe der sehr langlebigen aber nicht intensiv strahlenden Radionuklide andererseits.
282 IAEA 1988: 85; Prêtre 1996: 467

Erschwernisse, die dadurch verstärkt werden, dass weder Hilfe von Nachbarregionen noch Aussicht auf ein Normalzustand zu erwarten sind. Drittens gibt es bei der Beurteilung von kontaminierten Lebensmitteln auch weiterhin nur eine unbefriedigende Lösung - was sich nach Ansicht des Verfassers bis heute nicht grundlegend geändert hat. Der vierte Punkt, auf den Prêtre aufmerksam macht, ist die Tatsache, dass der Einfluss der Dosisrate (Dosisleistung) bei der Ermittlung der effektiven Dosis als Entscheidungsparameter nur unzureichend berücksichtigt ist. Dies dürfte zu einer Unterschätzung der gesundheitlichen Folgen der Bestrahlung von Personen im Nahbereich der havarierten Anlage in Tschernobyl und zu einer Überschätzung der gesundheitlichen Folgen in mehr als ca. 500 km entfernten Gebieten geführt haben.

4.4 Die Umsetzung von Konsequenzen nach Tschernobyl in Deutschland

Während einerseits Konsequenzen zur Verbesserung der sicherheitstechnischen Ausstattung der deutschen Kernkraftwerke gezogen wurden, zum Beispiel durch die Einführung von „Wallmann-Ventilen“ in deutschen Kernkraftwerken und die Einrichtung von Notwarten in deutschen Kernkraftwerken, bedurfte es andererseits nach den Erfahrungen des Tschernobyl-Unglücks auch der Verbesserung in Bezug auf die Organisation des nationalen Krisenmanagements und auf die Notfallschutz-Regelungen. Dies geschah als politisch bedeutsamste Maßnahme der Bundesregierung nach dem Tschernobyl-Unfall durch die Einrichtung des Bundesumweltministeriums (BMU), das fünf Wochen nach dem Tschernobyl-Unglück, unter dem Namen „Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit“ am 6. Juni 1986 als eine Koordinierungsstelle einrichtete, in dem die Aufgaben und Zuständigkeiten zur nuklearen Sicherheit in einer Abteilung für Reaktorsicherheit, Strahlenschutz und Endlagerung zusammengefasst wurden. Eine der vordringlichen Ziele des BMU war es, die Kompetenz und Glaubwürdigkeit wiederzugewinnen. Zudem mussten weitere Aufgaben wahrgenommen werden, z.B. die Festsetzung bundeseinheitlicher Kontaminationswerte für Lebens- und Futtermittel, die Nachrüstung der Reaktoren entsprechend den Ergebnissen einer Sicherheitsüberprüfung für deutsche Kernkraftwerke und die Mitwirkung in der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. Hierzu gehörte auch die Teilnahme an der vom deutschen Bundeskanzler geforderten internationalen Tschernobyl-Konferenz im September 1986 in Wien.[283]

Rechtliche Konsequenzen wurden mit der Überarbeitung und Erweiterung des deutschen untergesetzlichen Regelwerks und mit ressortübergreifenden Empfehlungen für die Aufsichtsbehörden und die Betreiber von Kernkraftwerken gezogen. Besonders zu erwähnen ist das Strahlenschutzvorsorgegesetz, d.i. die im Dezember 1986 neue geschaffene für Bund und

283 Spiegel 1986b

Länder verbindliche Rechtsgrundlage für Vorsorgemaßnahmen mit dem Ziel eines wirksamen und koordinierten Vorgehens bei großräumigen Kontaminationen. Das Strahlenschutzvorsorgegesetz schafft auch die Grundlage für das ab 1986 errichtete „Integrierte Mess- und Informationssystem" (IMIS), das als bundesweites Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt dient und seit Dezember 1993 mit ca. 2000 Messstationen des Bundes und 48 Messstellen der Länder im Betrieb ist.[284] Das IMIS wurde dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) übertragen, nachdem diese Institution als selbstständige wissenschaftlich-technische Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des BMU im November 1989 als Folge des Tschernobyl-Unfalls gegründet wurde.

Zum untergesetzlichen Regelwerk gehören für die Bewältigung von Kernkraftunfällen die Radiologische Grundlagen, die Rahmenempfehlungen und der Leitfaden zur Information der Öffentlichkeit, die dem Ziel eines bundeseinheitlichen Vorgehens bei der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen durch Bundes- und Landesbehörden dienen. Anlass für die Überarbeitung bzw. Schaffung dieses Regelwerks war die ungünstige Ausgangssituation, dass die Strahlenschutzkommission als Beratungsgremium des für Reaktorsicherheit zuständigen Bundesinnenministeriums zum Zeitpunkt des Tschernobyl-Unglücks keine geeigneten Dosiswerte festgelegt hatte, die für den Einsatz in Notfällen als Entscheidungsgrundlage dienen konnten. Weder waren die in der Strahlenschutzverordnung 1986 festgelegten „Dosisgrenzwerte für Ableitungen im Normalbetrieb von Kernkraftwerken"[285] geeignet noch die Störfallplanungswerte in den einschlägigen Vorschriften der Strahlenschutzverordnung, die sich auf die Planung der technischen Auslegung und des Betriebs kerntechnischer Anlagen beziehen oder die die baulichen und sonstigen technischen Schutzmaßnahmen gegen Störfälle betreffen und zur Schadensminderung bei Unfällen ungeeignet sind.[286] Zur Beseitigung der Defizite in der Konzeption des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen wurden 1988 die sogenannten „Radiologischen Grundlagen"[287] geschaffen und „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen"[288] erarbeitet. Beide Veröffentlichungen dienen seither der

284 Wirth 2005

285 Vgl. AVV §47 StrSchV 2012

286 Strahlenschutzkommission 1986: 11

287 Die „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden" (Strahlenschutzkommission 2009a, 2009b) wurden von der Strahlenschutzkommission im Auftrag des (neu gegründeten) Bundesumweltministeriums erarbeitet und im Hauptausschuss des Länderausschusses für Atomkernenergie als wesentliche Planungsgrundlage auf dem Gebiet des Notfallschutzes im Mai 1998 verabschiedet. Überarbeitungen der Radiologischen Grundlagen erfolgten Ende 1998 und 2009 (Strahlenschutzkommission 2009b: 1–59).

288 Die „*Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen*" wurden 1988 im Hauptausschuss des Länderausschusses für Atomkernenergie und von der Innenministerkonferenz verabschiedet sowie Ende 1998 und 2008 aktualisiert (Strahlenschutzkommission 2009b: 61–123, 2009c).

Entscheidungsfindung über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung im Ereignisfall. Sie regeln die Aufgaben beteiligter Stellen (Katastrophenschutzbehörden, Kernkraftwerkbetreiber und Einsatzleitung) und legen u.a. grundsätzliche Planungselemente bei der Aufstellung von Katastrophenschutzmaßnahmen und der Durchführung von Alarmmaßnahmen fest. Eine weitere Hilfestellung leistet die Fachberatung zum Strahlenschutz bei Kernkraftwerksunfällen durch die Strahlenschutzkommission (SKK) sowie der von der SKK herausgegebene „Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen“[289] und der zugehörige Erläuterungsband[290]. Darüber hinaus wurde für das Notfallmanagement in Deutschland auf Grund der Erfahrungen von Tschernobyl Verbesserungsbedarf bei der Messwerteerfassung, Dosisabschätzung und einer einheitlichen radiologischen Lagebewertung gesehen:[291] Im Jahr 1986 gab es weder nationale Grenzwerte, die sich auf Nahrungsmittelkontaminationen bezogen, noch existierten auf Bodenkontaminationen bezogene Eingreifrichtwerte, die zur Einleitung landwirtschaftlicher Maßnahmen und zum Zweck des Bevölkerungsschutzes dienten.

Um bei Kernkraftwerksunfällen oder in katastrophalen Situationen eine zuverlässige und adäquate Information der Öffentlichkeit sicherzustellen, hat die Strahlenschutzkommission im Jahre 2007 einen „Leitfaden zur Information der Öffentlichkeit in kerntechnischen Notfällen“ [292] erarbeitet. Dieser Leitfaden beinhaltet Mindestanforderungen für ein Konzept zur Information der Öffentlichkeit, das die zuständigen Katastrophenschutzbehörden als Teil des sogenannten Besonderen Katastrophenschutzplans erarbeiten sollen, und behandelt verschiedene Themenbereiche, z.B. Informationsstrategien und Zuständigkeiten. Zu dem letztgenannten Themenbereich gehören einerseits Aufgabenverteilungen und andererseits die Einrichtung gemeinsamer Informationszentren zwischen den beim Katastrophenschutz zuständigen Einheiten für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit. Fragen der Zusammenarbeit zwischen Institutionen und mit Medien werden ebenso behandelt wie die Themenbereiche Ausbildung und Training sowie Qualitätskontrolle, d.h. Maßnahmen zur Überprüfung der Wirksamkeit der Information für die Öffentlichkeit. Als weiterer Schritt war ursprünglich vorgesehen und im Notfall-Ausschuss der Strahlenschutzkommission vereinbart worden, dass die für das Kernkraftwerk Biblis federführende untere Katastrophenschutzbehörde, der Landkreis Bergstraße in Heppenheim, ein Pilotprojekt zur Umsetzung des Leitfadens durchführt. Die Bedingungen haben sich jedoch mit der im Rahmen des Atomausstiegs im Jahr 2011 erfolgten Abschaltung des Kernkraftwerks Biblis

289 Eberbach et al. 2002; Schnadt 2007b; Schumacher 2010; Strahlenschutzkommission 2004c
290 Strahlenschutzkommission 2004b
291 Strahlenschutzkommission 1986: 33
292 Strahlenschutzkommission 2009b: 126–193

grundlegend geändert, so dass die Durchführung des Pilotprojekts gefährdet ist. Eine Umsetzung des Leitfadens zur Information der Öffentlichkeit in den Bundesländern ist bisher nicht erfolgt.

Zu den Änderungen, die nach den Erfahrungen beim Tschernobyl-Unglück weiter verbessert wurden, gehört ein Sicherheitskonzept, das die Elemente Mensch-Maschine-Organisation und deren Zusammenwirken berücksichtigt. Die Einflüsse der Organisation sowie des Verhaltens und der Qualifikation der Betriebsmannschaft in Kernkraftwerken für die Sicherheit wurden in Deutschland, im Vergleich zum Ausland, weniger stark betrachtet als die Prävention, die durch Technik geleistet wird.[293] Der Human-Faktor-Bereich entwickelte sich nur zögernd.[294] Das untergesetzliche kerntechnische Regelwerk für die Umsetzung des Sicherheitskonzepts ist dagegen heute in zahlreichen Dokumenten enthalten. Hierzu zählen die Störfall-Leitlinien, die Richtlinien des Bundesumweltministeriums, die Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission[295] sowie die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses und die nationalen und internationalen technischen Normen.

Der kerntechnischen Sicherheit liegen mit dem Einschluss radioaktiver Stoffe, der Kontrolle der Radioaktivität und der Kühlung der Brennelemente *drei* Schutzziele zu Grunde.[296] Das Sicherheitskonzept kombiniert verschiedene technische Systeme und administrative Maßnahmen, deren Ziele die Vermeidung und Beherrschung von Störfällen und von Unfällen sowie die Begrenzung der Auswirkungen von Unfällen und die Unterstützung von Maßnahmen des Notfallmanagements sind. Nach den Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission[297] ist bis Ende 2012 ein nach fünf Sicherheitsebenen gestaffeltes Sicherheitskonzept gültig gewesen.[298] Die fünf Sicherheitsebenen betreffen „den normale Betrieb“, „den anormale Betrieb“, „die Störfälle“, „die sehr seltenen Ereignisse, Unfälle und Unfälle mit Kernschäden“ und „die Unfälle mit erheblichen Freisetzungen in die Umgebung“.[299]

Die Ziele auf unterschiedlichen Gebieten des Notfallmanagements, zu deren Erreichung nach dem Tschernobyl-Unfall in Deutschland im Laufe der Jahre administrative, technische und rechtliche Maßnahmen, durchgeführt wurden, lassen sich inhaltlich zu drei Schwerpunkten zusammenfassen:

---

293 Liemersdorf 2009: 30

294 Liemersdorf 2009: 20

295 Hierzu gehören neben Empfehlungen, Stellungnahmen, Berechnungsgrundlagen zur Strahlenexposition sowie sonstige fachliche Beiträge der Strahlenschutzkommission, z.B. Strahlenschutzkommission 1997, 1998, 2004a, 2004d, 2005, 2007.

296 Reaktorsicherheitskommission 2005

297 Reaktorsicherheitskommission 2005

298 Die genannten Empfehlungen der Reaktorsicherheitskommission sind durch „*Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke*“ abgelöst worden, die das Bundesumweltministerium am 24. Januar 2013 im Bundesanzeiger veröffentlicht hat, die gemeinsam mit den Ländern am 22. November 2012 beschlossenen wurden (BMU 2013).

299 Reaktorsicherheitskommission 2005

„konsistente Lagebeurteilung“, „verbesserte Umweltüberwachung“ und „abgestimmte Strahlenschutzvorsorge“. Dem Ziel der konsistenten Lagebeurteilung, d.h. einer einheitlichen Beurteilung der radiologischen Belastung und der von den Expositionssituationen abhängigen nationalen Schutzmaßnahmen, dienen gemeinsame einheitliche Regelungen für Bund und Länder. Diese sind in Regelwerken zusammengefasst, in denen die Anforderungen sowie Art und Umfang von Maßnahmen (einschließlich der Festlegung von Eingreifrichtwerten) zum Schutz von Mensch und Umwelt dargestellt sind. Zu diesen Regelwerken des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge, gehören die „Radiologischen Grundlagen für die Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ (Radiologischen Grundlagen),[300] die „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“ (Rahmenempfehlungen),[301] die „Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen“ (Maßnahmenkatalog).[302] Letzterer ist eine Zusammenstellung von Schutz-, Dekontaminations- und Entsorgungsmaßnahmen und deren Bewertung im Hinblick auf die Kriterien Effizienz, Vor- und Nachteile, Durchführbarkeit, Akzeptanz in der Bevölkerung und Wirtschaftlichkeit. Dem Ziel der „verbesserten Umweltüberwachung“ dient die Überwachung der Umweltradioaktivität durch Ausweitung der Messkapazitäten und durch den Auf- und Ausbau des Integrierten Mess- und Informationssystems (IMIS), während das Ziel der „abgestimmten Strahlenschutzvorsorge“ durch eine einheitliche Vorgehensweise nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz erreicht werden soll, das im Dezember 1986 verabschiedet wurde. Das Strahlenschutzvorsorgegesetz „*soll verhindern, daß sich das nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl/UdSSR vom 26.4.1986 im Zusammenhang mit der radioaktiven Kontamination von Böden und Gewässern, Pflanzen und Tieren (d.h. auch Futter- und Lebensmitteln) eingetretene ‚Durcheinander‘ behördlicher Verbote und Empfehlungen wiederholt. Es soll im übrigen den Strahlenschutz auch für andere Fälle auf eine einheitliche Grundlage stellen*“.[303] Insbesondere sollen die vereinbarte Aufgabenverteilung zwischen Bund und Ländern bei der Überwachung der Umweltradioaktivität und der Strahlenexposition der Bevölkerung, die gemeinsame Festlegung auch längerfristiger Maßnahmen sowie die Zuordnung der Zuständigkeiten für die Empfehlungen und Umsetzungen von Maßnahmen zur Minimierung der Strahlenexposition der Menschen helfen, das angestrebte Ziel einer abgestimmten Strahlenschutzvorsorge im Falle eines Kernkraftwerksunfalls zu gewährleisten.

300 Strahlenschutzkommission 2009a
301 Strahlenschutzkommission 2009b
302 Schnadt 2007a; Strahlenschutzkommission 2010
303 Bender/Sparwasser 1988: 113

5. Antiatomkraftbewegung, Kernenergiepolitik und die energiepolitischen Folgen nach Tschernobyl

Der politische Konsens bei der Einführung der Kernenergie in Deutschland zeigte sich darin, dass das Atomgesetz im Deutschen Bundestag am 3. Dezember 1959 ohne Gegenstimmen beschlossen wurde.[304] Die Zweckbestimmung des Atomgesetzes in der damaligen Fassung war zweifach: erstens ein Förderzweck („*die Erforschung, Entwicklung und Nutzung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken zu fördern*") und zweitens ein Schutzzweck („*Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen und durch Kernenergie oder ionisierende Strahlung verursachte Schäden auszugleichen*"). [305] Insbesondere seit den siebziger Jahren hat es in Deutschland politische Kontroversen um die friedliche Nutzung der Kernenergie an den Standorten geplanter Kernkraftwerke heftigen Widerstand gesellschaftlicher Gruppen gegeben. Langfristig blieb der Einfluss der Partei der Grünen, die unter dem Einfluss verschiedener Anti-Atomgruppen im Jahr 1980 gegründet wurde und ab 1983 in den Bundestag einzog, mit ihrer klaren Anti-Atompolitik nicht ohne Auswirkungen auf die nationale Energiepolitik. Im besonderen Maße gilt dies für den Zeitraum von 1998 bis 2005, als die Grünen an der Bundesregierung beteiligt waren. Während der Baubeginn aller noch im Jahr 2012 im Betrieb befindlichen Kernkraftwerke in den Jahren 1976 bis 1982 stattfand, d.h. während der Jahre, in denen Helmut Schmidt Bundeskanzler einer SPD/FDP-geführten Bundesregierung war, wurde mit dem Ausstiegsbeschluss der SPD 1986 unter dem Eindruck der Folgen des Unfalls von Tschernobyl der bestehende Konsens der großen Parteien über die deutsche Energiepolitik unter Einbeziehung der Kernkraft aufgekündigt. „*Nach dem Reaktorunfall im sowjetischen Kernkraftwerk Tschernobyl beschloss die SPD auf ihrem Nürnberger Parteitag 1986, binnen zehn Jahren die Nutzung der Kernenergie in Deutschland zu beenden*".[306] Da die CDU-geführte Bundesregierung die Nutzung der Kernenergie weiter befürwortete, wurde über dreißig Jahre lang der Neubau von Kernkraftwerken durch alle damaligen Bundesregierungen und die sie jeweils tragenden Parteien (CDU, CSU, FDP, SPD) gestützt: Die Zeitspanne umfasst die Jahre von 1958, dem Jahr des Baubeginns des Kernkraftwerks Kahl, bis zum Jahr 1989, an dem der letzte Leistungsreaktor (Neckarwestheim 2) in Deutschland mit dem Netz synchronisiert wurde.

304 Sellner/Hennenhöfer 2007: 877
305 Bender/Sparwasser 1988: 94–95
306 Sellner/Hennenhöfer 2007: 878

Die „*deutsche Atomwirtschaft*“ ist mit dem „*Auf und Ab der Atomeeuphorie*“[307] verbunden und der „*Optimismus trifft* auf *zunehmenden Widerstand*“[308], der mit den divergierenden Interessen und Standpunkten zur Nutzung der Kernenergie in den unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen (Wirtschaft, Industrie, Politik, Forschung, Öffentlichkeit) verbunden ist. „*Die Antiatomkraftbewegung in Deutschland setzte zeitlich nach den Protestbewegungen gegen zivile Kernkraftwerke im Ausland ein, die in den USA im Jahr 1958 mit dem Widerstand gegen ein Kernkraftprojekt in Kalifornien begannen*“.[309] Sie war zu Anfang regional begrenzt, führte zunächst die Auseinandersetzung um die Nutzung der Kernenergie vorwiegend mit juristischen Mitteln und entwickelte sich zu einer starken Protestbewegung mit Massendemonstrationen gegen im Bau befindliche Kernkraftwerke (z.B. 1968 Würgassen, 1977 Brokdorf und Grohnde) sowie geplante und später nicht realisierte Kernkraftprojekte (z.B. 1972 Whyl, 1977 Kalkar) bzw. Projekte von Wiederaufarbeitungsanlagen (1979 Gorleben, 1986 Wackersdorf).[310] Nach Radkau ist „*die Dauerhaftigkeit und der Erfolg der deutschen Antiatomkraftbewegung nicht nur aus den inneren Strukturen des Protests [zu] erklären, sondern aus den Wechselwirkungen zwischen Bürgerprotest, Medien, Politik, Verwaltung, Justiz und Wissenschaft*“[311]. Aus Sicht der nuklearen Sicherheit hat die Antiatomkraftbewegung mehrere juristische und politische Erfolge zu verzeichnen von denen drei Ereignisse in den 1970erJahren nachhaltige Bedeutung haben: das „Würgassen-Urteil des Bundesverwaltungsgerichts“ von 1972, mit dem die im Atomgesetz beiden gleichrangigen Zwecke (Schutzzweck und Förderzweck) zu Gunsten des Vorrangs der Sicherheit ausgelegt wurden[312], das „Whyl-Urteil des Verwaltungsgerichts Freiburg“ von 1977, das die erste Teilerrichtungsgenehmigung für das geplante Kernkraftwerk Whyl aufhob, weil die Richter einen zusätzlichen „Berstschutz“ um den Reaktordruckbehälter für erforderlich hielten[313], sowie das „Gorleben-Symposium in Hannover“ im März 1979 zu den Plänen zum Bau eines atomaren integrierten Entsorgungszentrums Gorleben, an dessen Ende der niedersächsische Ministerpräsident Albrecht das Projekt als „*politisch nicht durchsetzbar*“[314] verwarf. Infolgedessen wurden beim geplanten Atommülllager im Salzstock Gorleben weder das Entsorgungszentrum noch die Plutoniumanlage zur Brennstofffabrikation für Schnellbrüter-Reaktoren aus der Wiederaufbereitung abgebrannter Uranbrennstäbe gebaut.

307 Radkau/Hahn 2013:60
308 Radkau/Hahn 2013:326
309 Radkau 2011: 8
310 Radkau 2011: 7–15
311 Radkau 2011: 12
312 Radkau 2011: 9; Schueler 1977
313 Radkau 2011: 9; Sattler 1980
314 Becker 1979; Radkau 2011: 11

Die Antiatomkraftbewegung war international vernetzt. Dies gilt schon zu Beginn der 1970er Jahre wie Radkau berichtet: „*Am 28. Dezember 1971 trafen sich in Straßburg Vertreter von etwa 50 Antikernkraftinitiativen aus verschiedenen Ländern; eine antinukleare Internationale war im Entstehen*“.[315] Sie konnte (wie in *Whyl*) auch im Ausland aus Sicherheitsgründen Kernkraftprojekte zum Scheitern bringen, wie z.B. schon 1966 im Fall des geplanten Kernkraftwerks *Ravenswood* nahe New York geschehen: *In der 5-Meilen-Zone des geplanten Kraftwerkstandortes Ravenswood wohnten bzw. arbeiteten 1966 zwischen 3 Millionen (nachts) und 5,5 Millionen (am Tage) Personen. Weit mehr Personen hätten evakuiert werden müssen, wenn man eine schon 1950 in den USA - d.h. 36 Jahre vor dem Tschernobyl-Unglück - bekannte Faustformel anwendet, die einen Zusammenhang zwischen der Reaktorleistung eines Kernkraftwerkes und dem Radius des kreisförmigen, im Notfall zu räumenden Evakuierungsgebietes wiedergibt.*[316] Das Scheitern des Kernkraftprojekts Ravenswood hatte seine Ursache auch darin, dass erstmals bei Leichtwasserreaktoren Zweifel aufkamen, ob bei einer Leistungsexkursion[317] der Reaktoren Verlass auf die installierte Notkühlung ist:[318]

Der Atomausstieg in Deutschland ist ein lang andauernder multifaktorieller Prozess. Zu ihm haben im Wesentlichen fünf Faktoren beigetragen: die Langzeitwirkungen der Antiatomkraftbewegung, die Kursänderung in der Atompolitik der SPD als Oppositionspartei nach dem Regierungswechsel 1982, der grundsätzliche Kursumschwung als Folge des Machtwechsels von der im Herbst 1998 abgewählten CDU/FDP-geführten Bundesregierung, die die friedliche Nutzung der Kernenergie befürwortete, zu Gunsten einer rot-grünen Bundesregierung, deren Koalitionsparteien SPD und Grüne sich den Ausstieg aus der Kernenergienutzung zum vorrangigen politischen Ziel gesetzt hatten, sowie der „Atomkonsens“ im Jahr 2001 und der gesetzliche Atomausstieg Deutschlands nach dem Beginn der Nuklearkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011. Unter „Atomkonsens“ wird die Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 zwischen der damaligen rot-grünen Bundesregierung und den vier deutschen Kernkraftwerksbetreibern sowie dessen rechtliche Absicherung durch die Novellierung des Atomgesetzes im Jahr 2002 bezeichnet. Dieser Konsens wurde zwischen Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen unter Beibehaltung ihrer gegenteiligen Haltung zur Nutzung der Kernenergie vereinbart, während er von den im Bundestag vertretenden Oppositionsparteien

315 Radkau 2011: 8
316 Tanguy 1988: 53
317 Eine Leistungsexkursion bei Kernkraftwerksunfällen ist eine „*sprunghafte und nicht mehr kontrollierbare Leistungserhöhung*“ (Bundesamt für Strahlenschutz 2006: 7). Im Gegensatz zu Reaktoren westlicher Bauart kann es bei „*graphitmoderierten Siedewasser-Druckröhren-Reaktoren*“ vom Tschernobyl-Typ beim Versagen der Regeleinrichtungen zu Leistungsexkursionen kommen (Zahoransky 2007: 65).
318 Radkau 2011: 10

CDU, CSU und FDP abgelehnt wurde. Mit dem Atomkonsens wird die Beendigung der Kernenergienutzung zur gewerblichen Stromerzeugung vollzogen, indem die deutschen Kernkraftwerke nach dem Erzeugen bestimmter Strommengen abzuschalten sind sowie über die Begrenzung des Betriebs bestehender Kernkraftwerke hinaus ein Neubauverbot für die Energieversorgungsunternehmen erlassen wurde.[319]

Der Atomausstieg im Jahr 2011 begann mit dem Wechsel der Atom- und Energiepolitik der schwarz-gelben Bundesregierung und erfolgte innerhalb von vier Monaten unmittelbar nach Beginn des Kernkraftwerksunfalls in Fukushima im März 2011. Der deutsche Atomausstieg nach Fukushima bestand aus mehreren Schritten: erstens ein drei-monatiges Atom-Moratorium für acht Kernkraftwerke durch Kabinettsbeschluss im März 2011, zweitens ein Kabinettbeschluss vom 6. Juni 2011 für das Erlöschen der Betriebsgenehmigung der sieben ältesten Kernkraftwerke und des Kernkraftwerks Krümmel sowie die Rücknahme der durch den Bundestag im Herbst 2010 beschlossenen Laufzeitverlängerung und die Einführung eines zeitlich gestaffelten beschleunigten Ausstiegs für die noch im Betrieb befindlichen Kernkraftwerke, drittens der „Beschluss des Bundestages vom 30. Juni 2011 zum Dreizehnten Gesetz zur Änderung des Atomgesetzes“, das die Beendigung der Kernenergienutzung und die Beschleunigung der Energiewende durch Erlöschen der Betriebsgenehmigung für acht Kernkraftwerke und durch zeitliche Staffelung der Laufzeit der übrigen neun Kernkraftwerke bis zum Jahr 2022 regelt, viertens die Zustimmung des Bundesrates am 8. Juli 2011 zum Ausstiegsbeschluss des Bundestages sowie fünftens die Unterzeichnung des Ausstiegsgesetzes durch den Bundespräsidenten am 1. August 2011, die Verkündung im Bundesgesetzblatt am 5. August 2011 und das Inkrafttreten des Ausstiegsgesetzes am 6. August 2011. Die Mehrheit der deutschen Bevölkerung unterstützt den Kurs des Atomausstiegs, wie eine am 20. April 2011 veröffentliche Umfrage ergab: „*74 Prozent bewerten den Moratoriumsbeschluss und die Stilllegung der sieben Reaktoren als richtige Entscheidung. Zwar halten auch im Nachhinein 49 Prozent der Bürger diese Entscheidung für wahltaktisch motiviert, diktiert von der Sorge vor dem Verlieren der Landtagswahlen. Ebenso viele interpretieren den Beschluss jedoch wohlwollend als Zeichen, dass die Regierung aus den Ereignissen von Fukushima gelernt hat und ihre Haltung zur Kernenergie überdenkt und korrigiert*“. [320]

Auch im Ausland hatten schwere Kernkraftwerksunfälle erheblichen Einfluss auf die nationalen Energiepolitiken der Staaten. So war der Reaktorunfall von Tschernobyl in ein paar Staaten

319 Sellner/Hennenhöfer 2007: 879–883
320 Köcher 2011

maßgeblich für einen Kurswechsel der nationalen Energiepolitik, zum Teil war er mit einem Atomausstieg verbunden. So wuchs in Österreich, in dem sich das Kernkraftwerk Zwentendorf im Bau befand, dessen Fundament durch ein Erdbeben im April 1972 zerstört wurde, der Widerstand der Bevölkerung gegen die Kernenergie so stark, dass im November 1978 eine knappe Mehrheit in einer Volksabstimmung gegen die Inbetriebnahme votierte, das Parlament im Dezember 1978 ein „*Atomsperrgesetz*“[321] verabschiedete und der Nationalrat im August 1999 ein entsprechendes „*Gesetz mit Verfassungsrang*“[322] beschloss.[323] Auch in Italien wurde der Ausstieg als Konsequenz nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl vollzogen: „*Italien begann den Ausstieg im Jahr 1987 - nach einer Volksabstimmung wurden die vier italienischen Atomkraftwerke geschlossen, das letzte im Jahr 1990. Eine Wartefrist für den Bau neuer Kernkraftwerke, die ursprünglich bis 1993 galt, wurde auf unbestimmte Zeit verlängert*“.[324]

Andere Staaten haben die Beendigung der Kernenergienutzung unter dem Eindruck der Kernkraftunglücke von Tschernobyl 1986 bzw. Fukushima 2011 angekündigt bzw. geplant wie in Deutschland, Belgien sowie in der Schweiz und in Japan. Die Umsetzungen sind jedoch von Land zu Land verschieden. Teilweise wurden die Ausstiegs-Entscheidungen wieder rückgängig gemacht. Z. B. wurde in Japan die Frist für den vom Premierminister im September 2012 angekündigten schrittweisen Atomausstieg bis 2040 auf Druck der Industrie wieder aufgehoben. Auch in Belgien wurde die Entscheidung des Jahres 2002 über eine Vereinbarung zur Begrenzung der Laufzeiten für Kernkraftwerke auf 40 Jahre im Jahr 2005 rückgängig gemacht, jedoch im Jahr 2011 wegen des Reaktorunglücks von Fukushima erneut, wie ursprünglich vorgesehen, beschlossen. In Schweden hatte sich die Bevölkerung 1979 nach dem Reaktorunfall von Three Mile Island gegen die Weiternutzung der Kernkraft ausgesprochen und der schwedische Reichstag 1980 einen Atomausstieg beschlossen, der zunächst bis 2000 dann bis 2010 abgeschlossen sein sollte.[325] Jedoch wurde 2009 der Atomausstiegsbeschluss aufgehoben und der Neubau von Reaktoren zugelassen.

Entsprechend einer Übersicht[326] aus dem Jahr 2013 über die derzeit weltweite Kernenergienutzung ergibt sich, dass 30 Staaten Kernkraftwerke besitzen, 37 Staaten sich im Rahmen ihrer nationalen

321 Bundesgesetz über das Verbot der Nutzung der Kernspaltung für die Energieversorgung in Österreich
322 Bundesverfassungsgesetz für ein atomfreies Österreich
323 Lebensministerium 2012
324 Rubner 2007:201
325 Rubner 2007:202
326 Wikipedia 2013. Der Stand der in Wikipedia 2013 angegebenen Übersichtstabelle ist der November 2012, wobei die zu diesem Zeitpunkt aktuellen Daten der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) und World Nuclear Association (WNA) verwendet wurden.

Energiepolitik für den Ausbau[327] und 11 Staaten für die Beendigung der Kernenergienutzung entschieden haben. Im Einzelnen ist festzustellen, dass einerseits 24 Staaten derzeit neue Reaktoren bauen, 9 Staaten den Neubau von Reaktoren planen und 4 Staaten Absichtserklärungen für neue Reaktoren abgegeben haben, während in 5 Ländern der (z.T. erneute) Einstieg in die Kernenergie diskutiert (Bangladesch, Ghana, Israel, Italien, Litauen) wurde. Andererseits setzen 9 Staaten derzeit den Atomausstieg um (Belgien, Deutschland, Schweiz, Spanien) oder haben ihn schon umgesetzt (Italien, Irland, Kuba, Österreich, Philippinen), während 2 Staaten (Litauen, Schweden) derzeit keinen Ausbau der Kernenergie mehr planen.

6. Erste Entwicklung eines internationalen Regimes zur nuklearen Sicherheit

Als Reaktion auf das Tschernobyl-Unglück wurden verstärkt Anstrengungen unternommen, um die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit zu verbessern. Es war offensichtlich, dass die UdSSR als Unfallland beim Tschernobyl-Unglück ihre Verantwortung sowohl gegenüber ihren eigenen Bürgern als auch gegenüber anderen Staaten hätte wahrnehmen müssen, d.h. sie hätte die Ereignisse umgehend als Katastrophe anerkennen und die ihr vorliegenden Informationen über die radiologische Situation der Öffentlichkeit uneingeschränkt mitteilen müssen. Das war nicht geschehen, z.B. fehlten der deutschen Bundesregierung auch zwei Monate nach der Explosion am 26. April 1986 und dem Beginn der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem zerstörten Reaktorblock Informationen aus der UdSSR, da das Unfallland trotz des weltweiten Informationsbedürfnisses zunächst nur lückenhaft über den Reaktorunfall berichtet hatte.[328] So wird in dem Bericht der Bundesregierung vom November 1986 unter Bezugnahme auf die Darstellung und Bewertung der Auswirkungen des Tschernobyl-Unglücks durch das Bundesumweltministerium vom 18. Juni 1986 darauf verwiesen, dass wegen des Fehlens von Informationen aus der UdSSR „*die Erkenntnisse über den Hergang des Reaktorunfalls vom 26. April 1986 noch begrenzt*“ sind. Erst auf einem Post-Accident Review Meeting der Internationalen Atomorganisation Ende August 1986 wurde von sowjetischer Seite den anwesenden Vertretern von 62 Staaten ein ausführlicher Bericht vorgelegt sowie Ursachen und Ablauf des Unfalls ausführlich erläutert.[329]

327 Hierzu gehören auch Staaten wie Polen, die bisher noch keine Kernkraftwerke zur Stromerzeugung besitzen.
328 Bundestag 1986: 3
329 Bundestag 1986: 4

Etwa ein halbes Jahr nach der Tschernobyl-Katastrophe erkannten die Staaten in einer Sondersitzung der Generalkonferenz der Internationalen Atomenergieorganisation den potenziell grenzüberschreitenden Charakter der Folgen eines Reaktorunfalls an. Verschiedene Staaten betonten die Notwendigkeit, „*alle kerntechnischen Unfälle, die für die Strahlensicherheit von Belang sind, frühzeitig mitzuteilen*“.[330] Darüber hinausgehend erklärten einige Staaten in der Sondersitzung ihre Bereitschaft, im Ereignisfall die Mitteilungen nicht nur auf Kernkraftwerksunfälle zu beschränken sondern auch andere kerntechnische Unfälle einzubeziehen. Verschiedene Erklärungen und Vorschläge wurden zur Verstärkung der internationalen Zusammenarbeit im Bereich der nuklearen Sicherheit und des Strahlenschutzes während der Generaldebatte und im Gesamtausschuss unterbreitet. Von zentraler Bedeutung ist die Verabschiedung von Texten zweier neuer Konventionen durch die Generalkonferenz, die als Lehren aus dem Tschernobyl-Unglück noch im Jahr des Unfalls 1986 gezogen wurden: das „Übereinkommen zur frühzeitigen Benachrichtigung bei nuklearen Unfällen“ und das „Übereinkommen über die Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen und radiologischen Notfällen“. Inhalt des erstgenannten Abkommens ist im Wesentlichen, dass im Fall eines Kernkraftunfalls von grenzüberschreitender radiologischer Bedeutung die Staaten verpflichtet sind, genauere Daten zur Beurteilung der Situation (u.a. Zeitpunkt, Ort und ausgetretene Strahlung) über die IAEA allen betroffenen und interessierten Staaten so unverzüglich bzw. zeitnah wie möglich bekannt zu geben. Das zweite Abkommen dient der Zusammenarbeit zwischen den Vertragsstaaten, um die Auswirkungen des nuklearen Unfalls oder strahlungsbedingten Notfalls zu mindern, und berechtigt jeden Vertragsstaat, andere Staaten um Hilfe zu bitten und um Ausrüstung, Fachleute, Material und Unterstützung zu ersuchen.

Zu den beiden Nuklearabkommen des grenzüberschreitenden Katastrophenschutzes, die vorrangig der besseren Koordinierung bei der Bewältigung von Unfällen dienen, sind im Laufe der Jahre weitere internationale Vereinbarungen zur zivilen Nutzung der Kernenergie geschlossen worden. Von besonderer Bedeutung ist das „Übereinkommen zur nuklearen Sicherheit“ von 1994, dessen Ziel es ist, gemeinsam höhere internationale Sicherheitsstandards bei Kernkraftwerken zu erreichen bzw. einzuhalten. Für die in Zukunft sichere Verwahrung des radioaktiven Abfalls und für abgebrannte Brennelemente, die Abfall oder als Ausgangsprodukt der Wiederaufbereitung Wirtschaftsgut sein können, wurde das „Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle“ im Jahr 2001 beschlossen. Mit diesem Übereinkommen wurde die Basis zur längerfristigen Festlegung einheitlicher, international

330 Siehe Schlussdokument der Sondersitzung der Generalkonferenz der Internationalen Atomenergie-Organisation vom 24. bis 26. September 1986 (Bundestag 1986: 23–24)

anerkannter Sicherheitsstandards für die Behandlung nuklearer Abfälle und abgebrannter Brennelemente in den Signatarstaaten geschaffen. Andere Abkommen zur nuklearen Sicherheit beziehen sich auf verschiedene Bereiche des nuklearen Brennstoffkreislaufs und damit zusammenhängende Tätigkeiten. Internationale Vereinbarungen, die sich auf das Gebiet der Nuklearhaftung beziehen, z.B. das „Wiener Übereinkommen über die zivilrechtliche Haftung für Nuklearschäden“[331] und das „Pariser Übereinkommen über Haftung gegenüber Dritten auf dem Gebiet der Kernenergie“[332] sowie Abkommen über die „Haftung für Schäden bei grenzüberschreitenden Nukleartransporten“[333], werden in dieser Arbeitet nicht betrachtet.

Bei den o.a. Abkommen handelt es sich um „*Bausteine der Global Governance-Architektur*“[334] zur nuklearen Sicherheit: erstmals verpflichten sich Staaten im Zusammenhang mit der friedlichen Anwendung der Atomenergie[335]zur Unfallverhütung durch Erhöhung der Sicherheit von Nuklearanlagen, Bearbeitung von gemeinsamen Problemen bei der Krisenbewältigung nach schweren Kernkraftunfällen und zur Einbindung einer nicht-staatlichen Organisation (IAEA) im Rahmen ihrer Zusammenarbeit. So wird in dem Schlussdokument der Generalkonferenz des Jahres 1986 einerseits die Verantwortung der Kernenergie-Staaten für die Sicherstellung der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes im Umgang mit der nuklearen Energieerzeugung, die Sicherung der Anlagen und die Umweltverträglichkeit der kerntechnischen Anlagen betont und andererseits zu einer verstärkten internationalen Zusammenarbeit auf bilateraler und multilateraler Ebene auf diesen Gebieten aufgerufen, wobei die zentrale Rolle der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) bei der Umsetzung in internationalen Programmen bekräftigt wird.

Der Abschluss von weiteren internationalen Vereinbarungen und Übereinkommen führt zu einem „*sich immer weiter verbreitenden Bestand an globalen, ‚kosmopolitischen‘ Normen*“[336], worauf letztlich *Global Governance* basiert. „*Während Normen des internationalen Rechts aus Vertragsverpflichtungen entstehen, die Staaten und deren Repräsentanten eingegangen sind, kommen kosmopolitische Normen den Individuen zu, die in einer weltweiten Zivilgesellschaft als moralische und Rechtspersonen aufgefasst werden. Kosmopolitische Normen unterscheiden sich*

331 Schärf 2008: 35
332 Schärf 2008: 35
333 Schärf 2008: 40
334 Messner/Nuscheler 2003: 7
335 Im deutschen Sprachgebrauch werden die Begriffe „*Atom*energie (*Atom*kraft)“ und „*Kern*energie (*Kern*kraft)“ synonym verwendet, mit entsprechenden Präferenzen bei „Atomkraftgegnern“ und „Kernkraftbefürwortern“. Physikalisch zutreffend sind jedoch die Begriffe „*Kern*energie, *Kern*kraft“, da bei „*Kern*kraftwerken“ die Energiefreisetzung aus den Atomkernen der Spaltstoffe (Bindungsenergie der Kernbausteine Protonen und Neutronen) und nicht aus der Atomhülle erfolgt.
336 Grande 2009: 266

von jenen Vertragsverpflichtungen der Staaten dadurch, dass sie Staatsbürger als Rechtssubjekte einer Weltgesellschaft ermächtigen und, andererseits, Staaten dazu verpflichten, ihre Bürgerinnen und Bürger gemäss allgemeinen menschenrechtlichen Prinzipien zu behandeln. So wird die staatliche Souveränität durch die Anerkennung von kosmopolitischen Normen eingeschränkt".[337]

Ein Bedarf nach weiterer internationaler Kooperation und Koordination ergibt sich daraus, dass sich die beiden Übereinkommen zum Umgang mit Nuklearunfällen auf die Bewältigung von Ereignissen, d.h. im Wesentlichen also auf die Phase des Einsatzes und die Gesamtheit von politischen, administrativen und operativen Maßnahmen zur Bewältigung einer Katastrophe beziehen. Zum Katastrophenmanagement gehören jedoch mehrere Aspekte bzw. Maßnahmen: Vermeidung, Vorsorge, Bewältigung und Wiederherstellung. Diese Aspekte lassen sich den Phasen im vierten Gefahrenbericht der Schutzkommission des Bundesinnenministeriums zuordnen: „*Im Bevölkerungsschutz („civil protection") hat sich international die Einteilung der Gefahrenabwehr in fünf Phasen etabliert: Prävention (prevention), Vorsorge oder Vorplanung (preparedness), Einsatzabwicklung (response), Wiederherstellung (restoration) und Auswertung (evaluation). Die Voraussetzungen für einen optimalen Schutz sind nur gegeben, wenn der Kreislauf in oben genannter Reihenfolge abläuft und die Organisationen der Gefahrenabwehr entsprechend vorbereitet und ausgerüstet sind*". [338] Um nuklearen Unfällen und deren Folgen vorzubeugen, müssen die Kernenergiestaaten schon im Vorfeld ansetzen, indem sie politische, administrative, planerische und technische Maßnahmen zur Vermeidung der Ursachen von Kernkraftwerksunfällen sowie, im Ereignisfall, zur Reduzierung der Auswirkungen umsetzen und entsprechende Anforderungen an die Anlagensicherheit von Kraftwerken international verbindlich festlegen.

Zum Nuklearrecht gehören die Gebiete safety (Sicherheit), security (Sicherung) und safeguards (Spaltstoffkontrolle). In der vorliegenden Arbeit wird mit dem Themenfeld nukleare Sicherheit (nuclear safety) in Notfallsituationen nur ein kleiner Teil des Nuklearrechts betrachtet, zu dem in erster Linie die drei speziellen Übereinkommen „IAEA-Benachrichtigungsübereinkommen" (über die gegenseitige Information bei Unfällen und Störfällen in Kernkraftwerken), „Hilfeleistungsübereinkommen" (über Hilfeleistung bei radiologischen Notfällen) und die „Nukleare Sicherheitskonvention" gehören, die die zentralen Elemente zur Stärkung des Nuclear Safety Regimes und damit zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit bilden. Ein weiteres Themenfeld des Nuklearrechts ist z.B. die Einführung von Internationalen Vereinbarungen über

337 Benhabib 2009
338 Schutzkommission 2011: 59

die Verbesserung der Sicherheit von Kernkraftwerken, insbesondere die der älteren Reaktorlinien sowjetischer Bauart, die in den Ländern des früheren Ostblocks betrieben wurden und u.a. im Rahmen der Beitrittsprozesse der Europäischen Union eine Rolle gespielt haben.[339]

Governance ist mit dem Aufbau und Veränderungen von Regelungsstrukturen verbunden. Diese Regelungsstrukturen tragen zu einer Governance-Architektur bei. Auf ein Defizit der Global Governance-Architektur haben Messner und Nuscheler verwiesen, indem sie feststellen, dass die „*Global Governance-Architektur […] bisher aus einer Vielzahl transnationaler und weitgehend fragmentierter Regelungsstrukturen [besteht], die sich in ihren räumlichen und sachlichen Bezügen überlappen, ohne sich zu einer umfassenden, kohärenten Struktur zusammenzufügen*".[340] Dieser Befund trifft in besonderer Weise in Europa für das internationale Katastrophenmanagement bei Kernkraftwerksunfällen zu. So gibt es z.B. parallel zu dem IAEA-Benachrichtigungsabkommen in der Europäischen Union[341] ein weiteres Abkommen, das ebenfalls dem beschleunigten Informationsaustausch bei Kernkraftunfällen dient und als Reaktion auf die Katastrophe von Tschernobyl im Jahr 1986 beschlossen wurde: das ECURIE-Abkommen „zwischen der Europäischen Atomgemeinschaft (EURATOM) und Nichtmitgliedstaaten der Europäischen Union über die Teilnahme an Vereinbarungen in der Gemeinschaft für den schnellen Informationsaustausch von Informationen in einer radiologischen Notstandssituation." Somit besteht im internationalen Bereich die Gefahr von Doppelarbeit: Das IAEA-Benachrichtigungsabkommen und ECURIE-Abkommen regeln die Bekanntgabe und den detaillierten Informationsaustausch über wesentliche Parameter der Notfallsituation, die Art des Unfalls, die radiologischen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt und die Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung. In beiden Fällen werden die Modalitäten über den Informationsaustausch unter Einbeziehung einer multilateralen Organisation (IAEA bzw. EU-Kommission) sowie die zuständigen Kontaktstellen und die verantwortlichen Behörden (competent authorities) festgelegt. Deutschland ist Vertragsstaat beider Abkommen und das Bundesumweltministerium ist die zuständige Behörde, dessen Referat RS II 5 „Radioökologie, Überwachung der Umweltradioaktivität, Notfall" diese Aufgaben wahrnimmt.

Trotz erstmaliger Fortschritte in der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit, die nach dem Tschernobyl-Unglück einsetzte, ist aus Sicht des

339 Ein Beispiel ist die Einführung von *Internationalen Vereinbarungen* über die Verbesserung der Sicherheit von Kernkraftwerken, insbesondere die der älteren Reaktorlinien sowjetischer Bauart, die in den Ländern des früheren Ostblocks betrieben wurden (Aulbach 2008: 40–42).

340 Messner/Nuscheler 2003: 74

341 ECURIE ist das Akronym für „*European Community Urgent Radiological Information Exchange*" (Details zu ECURIE s. Fußnote 665).

Verfassers kritisch anzumerken, dass die geschlossenen Übereinkommen im Sinne einer nachhaltigen Verbesserung der kerntechnischen Sicherheit und des nuklearen Notfallmanagements hätten weitergehende verbindliche Verpflichtungen und gründliche obligatorische Überprüfungen der entsprechenden nationalen Aktivitäten (d.h. Kreuzgutachten im Sinne eines „Peer-Reviews") festlegen müssen anstatt ein vergleichsweise unverbindliches Berichtswesen einzuführen wie es seit vielen Jahren im Rahmen der nuklearen Sicherheitskonvention auf Überprüfungstagungen praktiziert wird. Möglicherweise wären unter diesen Voraussetzungen bei einer kritischen Begutachtung der japanischen Nationalberichte zur nuklearen Sicherheit und bei umfassenden Qualitätsprüfungen der Sicherheitsniveaus japanischen Anlagen die Defizite erkannt worden und der Reaktorunfall von Fukushima vermeidbar gewesen. Um eine derart wirksamen Erweiterung der Übereinkommen zu ermöglichen, hätten jedoch alle Nuklearstaaten - was nach Tschernobyl nicht geschehen ist - bereit sein müssen, zu einem gewissen Grade auf ihre staatliche Souveränität auf dem Gebiet der Kernenergienutzung zu verzichten und verbindliche Regelungen mit Überprüfungs- und Sanktionsmöglichkeiten anerkennen, die der nuklearen Sicherheit dienen.

Schon vor dem Unfall von Fukushima im Jahr 2011 war deutlich geworden, dass wegen der unterschiedlichen nationalen Vorgehensweisen und Ansätze „*die internationale Harmonisierung des anlagenexternen radiologischen Notfallschutzes die größere Herausforderung für die nächsten Jahre wenn nicht Jahrzehnte bleiben wird*".[342] Da es beim anlagenexternen Notfallschutz in erster Linie um die gesellschaftlichspolitisch bedeutsame Frage eines angemessenen Schutzes von Mensch und Umwelt geht, etwa durch die Festlegung von dosisbezogenen Grenzwerten und Richtwerten für die Einleitung von möglicherweise grenzüberschreitenden Schutzmaßnahmen, ist das Zusammenwirken von staatlichen, nicht-staatlichen, nationalen und internationalen Akteuren gefragt. Daher ist im Hinblick auf die Harmonisierung von Grenzwerten im Notfallschutz und von Kriterien für Notfallmaßnahmen der von Grande als „*konzeptionelle Prämisse*" bezeichnete „*neue konzeptionelle Blick auf die Politik jenseits des Nationalstaates*" von Interesse. Danach sind, als Gegenstück zu einem „*staatszentrierten Verständnis von internationaler Politik*", die Nationalstaaten in Bezug auf Global Governance an drei zentralen Punkten herausgefordert[343], die gekennzeichnet sind durch *„die zunehmende Bedeutung und Eigenständigkeit internationaler Organisationen und Institutionen, denen inzwischen zumindest partiell autonome Akteursqualitäten zugesprochen werden muss",*[344] sowie *„die immer stärkere Verflechtung*

342 Kuhlen 2008: 80

343 Vgl. Grande 2009: 260–261 und die dortigen Literaturverweise auf die Arbeiten von: Barnett/Finnemore 2004; Beck 2002; Börzel/Risse 2005; Brühl et al. 2001; Cutler et al. 1999; Grande/Risse 2000; Grande 2006; Mayntz 2002, 2008; Rosenau 1997

344 Vgl. Barnett/Finnemore 2004; Mayntz 2002, 2008

politischer Handlungsebenen, wodurch insbesondere die eindeutige und starre Trennung von ‚innen' und ‚außen', von 'national' und ‚international' aufgehoben wird.".[345] Insbesondere spielen *„private Akteure, die auch im Regieren jenseits des Nationalstaates eine immer größere Rolle [...], sei es als Lobbyisten, sei es bei der selbständigen Festlegung von Normen, sei es bei ihrer Implementation,"*[346] Dieser Blick, der über den Nationalstaat hinausgeht, erfordert den verstärkten Ausbau der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit und des Strahlenschutzes, um länderübergreifend konsistente Gegenmaßnahmen bei Kernkraftwerksunfällen zu ergreifen. In welchen Schritten das umgesetzt werden könnte, wurde schon 2008 beschrieben[347]: „*Zur Erreichung dieses Zieles sind weitere Anstrengungen notwendig, um*

- *eine Harmonisierung von Kriterien für Katastrophenschutz- und Strahlenschutz-vorsorgemaßnahmen auf der Grundlage akzeptierter Strahlenschutzprinzipien zu erreichen und*
- *abgestimmte Verfahren zur Zusammenarbeit sowie effektive nationale Überwachungs- und Notfallschutzsysteme einzusetzen sowie*
- *ein einheitliches internationales Alarmierungs- und Kommunikationssystem zu schaffen*."

Viele derzeit gültige Regelungen zum Schutz der Bevölkerung vor Radioaktivität als Folge von Kernkraftwerksunfällen sind auch Jahrzehnte nach dem Tschernobyl-Unglück in Europa noch nicht einheitlich. Ein Beispiel betrifft kontaminierte Lebensmittel, insbesondere Fleischprodukte und Fleisch von Tieren aus Gebieten, in denen sich radioaktive Partikel nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl abgelagert haben. Die Aufnahme von Radionukliden aus dem Futter in das Fleisch und in die Milch ist unterschiedlich und hängt von der Tierart, der Futteraufnahme der Tiere sowie von der spezifischen Aktivität im Futter ab. So haben das Fleisch von Wildschweinen, Schafen, Rehen und Rentieren und die Milch von auf Weiden gehaltenen Kühen und Schafen erhöhte spezifische Aktivitätskonzentrationen, was wesentlich eine als Folge des Verzehrs von stärker mit Radioisotopen wie Cäsium-137 kontaminierten Pilzen, Weide- und Waldpflanzen durch diese Tiere ist.[348] Innerhalb der Europäischen Union sind z.B. verschiedene Grenzwerte für radioaktiv belastetes Wildschweinfleisch gültig, je nach nationalen Vorschriften für die Vermarktung: Im Jahr 2010 galten in Deutschland 600 Becquerel pro Kilogramm (Bq/kg), in

345 Beck 2002; Grande/Risse 2000; Grande 2006; Vgl. Rosenau 1997
346 Börzel/Risse 2005; Brühl et al. 2001; Vgl. Cutler et al. 1999
347 Kuhlen 2008: 81
348 Diehl 2003: 173–175

Großbritannien 1000 Bq/kg und in Schweden auf 1500 Bq/kg.[349] Lediglich bei Importen in die Europäische Union wurden einheitliche europäische Grenzwerte festgelegt, deren Höhe aus politischen Gründen sowohl unterhalb der Empfehlungen einer von der Europäischen Kommission eingesetzten Expertengruppe als auch unterhalb der empfohlenen Kontaminationswerte des Codex Alimentarius der Welternährungsorganisation und der Weltgesundheitsorganisation liegen.[350]

Als Voraussetzung für einheitliche Regelungen ist jedoch der Maßstab für die Bemessung festzulegen und durch den Gesetzgeber zu kommunizieren. Diese Festlegung ist keineswegs trivial: Z.B. kann einerseits die gleiche Höhe der Kontaminationswerte oder der Strahlenbelastung einer repräsentativen Person der Bevölkerung maßgeblich sein, andererseits ist zu bedenken, dass auch die Sicherheitsmarge, die vorzugebende Höchstdosis und die anzunehmende Ernährungsgewohnheit maßgebliche Parameter sind, die bei der Festlegung von Grenzwerten eine Rolle spielen. Generell lassen sich für ein Referenzmaß keine pauschalen allgemein gültigen Annahmen treffen. Zum Beispiel sind die Nahrungsgewohnheiten auch in den europäischen Ländern unterschiedlich und sicherlich können Nahrungsmittel in Regionen, in denen sie in geringen Mengen verzehrt werden, ohne gesundheitliche Bedenken etwas höhere Aktivitätskonzentrationen aufweisen. Tatsächlich differenzieren die „EU-Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermittel in radiologischen Notstandsituationen“ zwischen „Hauptnahrungsmitteln“ (Getreideprodukte, Gemüse, Obst, Käse, Fleisch und Fisch)“, für die strengere Kontaminationswerte gelten, und den „Lebensmitteln von geringer Bedeutung“ (z.B. Gewürze, Kräutertees, Hefe und Vitamine).[351] Es ist nicht nachvollziehbar, wie die unterschiedlichen Kontaminations-Grenzwerte von den europäischen Staaten festgelegt wurden. Nach Auffassung des Verfassers ist die Einschätzung der ZEIT[352] zutreffend: *„So sagen die unterschiedlichen Regelungen in Europa am Ende weniger über die Gefährlichkeit belasteter Lebensmittel aus als vielmehr über die Sensibilitäten der jeweiligen Bevölkerungen. Und dass der Grenzwert-Wirrwarr nicht beseitigt wird, hat ebenfalls einen einfachen Grund: Das Thema gilt unter Politikern als hochkontaminiert.“*

Um ein internationales Regime im Umgang mit Nuklearunfällen entwickeln zu können, ist eine Verständigung über Notfallplanungen im Fall eines Kernkraftwerksunfalls mit radiologischen Auswirkungen notwendig, wobei es vordringliches Ziel ist, das Leben, die Gesundheit und das Eigentum der Bürger und Bewohner zu schützen. Zu den Notfallplanungen gehören einerseits

349 Schramm 2010
350 Schramm 2010
351 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 31–32
352 Schramm 2010

Stakeholder-Projekte, die sich mit der Entscheidungsfindung von Maßnahmen, den Fragen zu Art und Umfang von Schutzmaßnahmen sowie mit der Angemessenheit der Informationspolitik der beteiligten Akteure bei einem Reaktorunfall befassen. Andererseits dienen internationale Harmonisierungsprojekte, z.B. Bestandsaufnahmen, Studien zu Schutzmaßnahmen (u.a. Jodblockade) und Harmonisierungsansätze (u.a.. zum Informationsaustausch mit Nachbarstaaten und zu Eingreifrichtwerten) dazu, grenzüberschreitend mit Reaktorunglücken fertig zu werden und die Unfallauswirkungen zu minimieren. Es gab sechs bedeutende Projekte in Deutschland bzw. unter deutscher Beteiligung in den letzten 10 Jahren vor dem Fukushima-Unglück 2011, die der Verständigung beteiligter Akteure im Notfallschutz dienten, und im Folgenden betrachtet werden.

6.1 Stakeholder-Projekte

Für die nationalen und internationale Regelungen im Notfallschutz und das grenzüberschreitende einheitliche Notfallmanagement sind verschiedene Stakeholder, d.h. Interessenträger und Anspruchsgruppen, einzubinden. Der Kreis der Stakeholder hängt von dem jeweiligen Themenbereich ab. Unter Stakeholder werden in dieser Arbeit allgemein Interessensvertreter und Betroffene verstanden. Sie werden von Till als *"[i]ndividuals who have a personal, financial, health, or legal interest in policy or recommendations that affect their well-being or that of their environment*"[353] bezeichnet. Burchfield charakterisiert sie wie folgt: "*Stakeholders are selected federal, state, and local representatives; local nongovernment representatives; and local/regional business professionals*"[354].

In Deutschland wurden von 2001 bis 2011 drei im Wesentlichen erfolgreiche Projekte durchgeführt, in denen Stakeholder aus Unternehmen, Wissenschaft und Zivilgesellschaft in Fragen des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen konsultiert und in die Planung von Behörden mit eingebunden wurden. Die Kommunikation zwischen Behörden und verschiedenen Stakeholdergruppen umfasst die Einbeziehung von Sichtweisen der Experten sowie von Interessen der Vertreter gesellschaftlicher Gruppen und der allgemeinen Bevölkerung, um über die Belange der betroffenen Personen bei der Festlegung von Schutzkonzepten für den Ereignisfall in einem transparenten Verfahren zu entscheiden. Derartige Dialoge mit Stakeholdern liefern einen Beitrag zur gesellschaftlichen Akzeptanz von Notfallschutzkonzepten sowie von durchzuführenden Katastrophenschutz- und Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen bei einem Kernkraftwerksunfall. Eine Stakeholderbeteiligung im Rahmen der Nuclear Risk Governance fördert die

353 Till/Grogan 2008: 21
354 Burchfield 2009: 147

Glaubwürdigkeit, Akzeptanz und Legitimität[355] von politischen Entscheidungen. Zusammenfassend können die drei in diesem Kapitel dargestellten Stakeholder-Projekte als erfolgreiche „best practice"-Beispiele angesehen werden, die auch im internationalen Vergleich unter dem Aspekt der Stakeholder-Beteiligung Vorbildcharakter haben. Gleichwohl gibt es national und international offene Fragen in Bezug auf geeignete Methoden und Verfahren zur Beteiligung von Stakeholdern und der Öffentlichkeit sowie auf die praktische Durchführungen von Bürgerbeteiligungen im Rahmen der Nuclear Emergency Governance. Eine Empfehlung zur Umsetzung von Bürger- und Öffentlichkeitsbeteiligung bei politischen Entscheidungs- und Planungsprozessen stammt vom Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss EWSA: *„Für die Information der Öffentlichkeit und die Beteiligung der Bürger könnte das Aarhus Übereinkommen auf den Kernenergiebereich angewendet werden. Dieses [...] sieht den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten vor."*[356]

6.1.1 Das Projekt „EVATECH" zur Entscheidungsfindung

Unter dem Namen EVATECH (Information Requirements and Countermeasure Evaluation Techniques in Nuclear Emergency Management) wurde ein europäisches Forschungsvorhaben zum Notfallschutz bei Kernkraftwerksunfällen in den Jahren 2001 bis 2005 durchgeführt. An der Durchführung des Vorhabens waren zehn Institutionen aus sieben Ländern beteiligt, darunter drei deutsche Forschungsnehmer: das Forschungszentrum Karlsruhe, das Deutsch-Französische Institut für Umweltforschung (DFIU) der Universität Karlsruhe und das Bundesamt für Strahlenschutz. Eines der vier Arbeitspakete des Projekts betraf die Analyse des Prozesses der Entscheidungsfindung durch verschiedene Stakeholder, wenn es um die Entscheidung über Einzelmaßnahmen und Maßnahmenstrategien bei kerntechnischen Unfällen geht. Ein anderes Arbeitspaket bestand in der Durchführung von nationalen moderierten Workshops, die zwei Ziele verfolgten: einerseits galt es anhand von hypothetischen Fallstudien herauszufinden, welche Informationen für die Entscheidungsfindung herangezogen werden bzw. welche für die Entscheidung tatsächlich relevant sind, und andererseits war beabsichtigt, das Vertrauen und Verständnis für Maßnahmenentscheidungen zu erhöhen. So lauteten zwei Teilziele ("*sub-*

355 Legitimität ist nach Draude et al. 2012: 17 der „normative[r] Status einer politischen Ordnung, die rechtmäßig und anerkennungswürdig ist (normative Legitimität) bzw. seitens der Betroffenen als rechtmäßig anerkannt wird (empirische Legitimität)".

356 Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013, bezüglich des Aarhus Abkommens bemerkt Meyerholt: „Das Aarhus-Abkommen über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeits-beteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten ist nach der Ratifikation durch 16 Staaten am 30.10.2001 in Kraft getreten" (Meyerholt 2009: 120).

objectives"), die die Europäische Kommission[357] vorgegeben hatte, *„to deepen insight on value judgements that are brought into play by the stakeholders (radiation safety, healthcare professionals, social services, industry, etc.) and DMs [=Decision Makers] at various stages of the emergency management in deciding between potential countermeasure strategies"* und *"to develop methods for stakeholder involvement in exercises and emergency planning which will enhance public confidence and understanding in relation to nuclear emergency management*". Im Rahmen des Projekts EVATECH wurden *„nationale Workshops mit unterschiedlichen Anspruchsgruppen („stakeholders", z.B. Umweltministerium und nachgelagerte Behörden, Innenministerium, Feuerwehr und Polizei, Medien) durchgeführt in denen Entscheidungen über Maßnahmen diskutiert wurden, in die neben radiologischen Parametern (aktuelle Kontamination der Umwelt und die zu erwartende Dosis des Menschen) auch psychologische Aspekte (Vertrauensbildung) und maßnahmenrelevante Überlegungen (Effizienz, Kosten) einflossen*".[358] Insgesamt fanden elf nationale Workshops in sieben Staaten (Belgien, Deutschland, Dänemark, Finnland, Großbritannien, Polen und Slowakei) statt. In Deutschland wurden im November 2003 und im August 2004 zwei zweitägige Veranstaltungen jeweils mit Vertretern von unterschiedlichen Institutionen und Behörden aller Ebenen (regional, Land, Bund) durchgeführt. So waren z.B. die behördlichen Vertreter beim zweiten Workshops aus folgenden Institutionen: zwei Bundesministerien (für Umwelt bzw. für Verbraucherschutz), zwei Bundesbehörden (für Ernährung und Landwirtschaft, für Strahlenschutz), einem Landesministerium (für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Niedersachsen), zwei Fachbehörden (für Ökologie, für Lebensmittelsicherheit) des Landes Niedersachsen, einem Dienstleistungsinstitut (Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt) des Landes Nordrhein-Westfalen sowie aus einer lokalen Behörde (Veterinäramt des Landkreis Cuxhaven). Die Vertreter aus Niedersachsen kamen beim ersten Workshop ebenfalls von allen drei Verwaltungsebenen (Landkreis Wesermarsch, Bezirksregierung Weser-Ems, Niedersächsisches Innenministerium). Beide Veranstaltungen in Form moderierter Workshops fanden beim Bundesamt für Strahlenschutz unter Mitarbeit des Deutsch-Französischen Instituts für Umweltforschung der Universität Karlsruhe statt. Als drei wesentliche Ziele waren festgelegt, die Qualität und Kohärenz des behördlichen Handelns bei einer Nuklearen Notfallsituation in Europa zu erhöhen, die entscheidungsrelevanten Kriterien zu identifizieren sowie die Methoden und Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung in der Weise zu verbessern, dass die Anforderungen und Erwartungen der

357 European Commission 2007
358 Geldermann 2006: 151

unterschiedlichen am Entscheidungsprozess Mitwirkenden und von den Konsequenzen des Notfalls Betroffenen (Stakeholder) berücksichtigt werden. [359]

Die Ergebnisse des EVATECH Projekts einschließlich der Resultate der nationalen Workshops und der gemeinsamen Schlussveranstaltung am 20. April 2005 in Brüssel wurden von den Projektnehmern dokumentiert.[360] Laut diesem Abschlussbericht wurden in den Workshops als wichtigste Entscheidungskriterien für Maßnahmen genannt. Die Entscheidungskriterien waren in Großbritannien „*political acceptability, public perception*", "*feasibility, reassurance*", „*costs, health, wastes*", in Deutschland „*exposure to radiation, safety of workers*", in Polen: „*health, feasibility, political acceptability*", in Schweden „*health effects, forces and resources, costs, socio-psychological effects, waste*", in Belgien "*socio-political aspects, feasibility, costs"* und in Finnland *"health, public reassurance*".[361] Dieses Projektergebnis gibt wichtige Hinweise darauf, welche vorrangigen Ziele mit den Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung bei Kernkraftunfällen verfolgt werden müssen, wenn man eine europaweite Harmonisierung des nuklearen Notfallschutzes anstrebt.

6.1.2 Stakeholder-Beteiligung beim Projekt „Maßnahmenkatalog"

Im Rahmen der Erarbeitung des Maßnahmenkatalogs zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen[362] wurden mehrere Stakeholder-Workshops zu „Interventionsmaßnahmen bei Nahrungsmitteln nach kerntechnischen Unfällen" geplant. Unter Mitarbeit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) wurden in Köln vier spezifische eintägige Workshops zu folgenden Themenbereichen durchgeführt: „Getreide, Obst, Wein" am 06.07.2005, „Fleisch, Geflügel und Eier" am 19.10.2005, „Kontaminierter Abfall" am 01.03.2006 und „Milch" am 30.03.2006. Als Stakeholder eingeladen waren jeweils Behördenvertreter von Ministerien, Fachbehörden und Forschungsanstalten des Bundes und der Länder, von fachbezogenen Länderarbeitsgemeinschaften sowie, erstmalig, Experten von Verbänden und Unternehmen, die sich mit den genannten Themenbereichen befassen. Unter den Verbänden und Unternehmen, die teilgenommen haben, sind: die Servicegesellschaft Tierische Nebenprodukte, der Verband kommunaler Abfallwirtschaft und Städtereinigung, der Bundesverband der deutschen Entsorgungswirtschaft, die Bayer Industry Service für Sondermüllverbrennungsanlagen, der Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft, der Marktführer im Bereich

359 DFIU/Bundesamt für Strahlenschutz 2004
360 Mustonen 2005a, 2005b
361 Siehe „main criteria driving decisions on a strategy" in Mustonen 2005c: 54
362 Strahlenschutzkommission 2010

Geflügelfleischverarbeitung, der Verband Deutscher Mühlen, die Stiftung Warentest, der Zentralverband Gartenbau und die Bitburger Brauerei. Gegenstand der Diskussionen waren Fragen nach der Durchführbarkeit, Sinnhaftigkeit, Verbesserbarkeit, Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen und insbesondere nach der Akzeptanz von Maßnahmen bei Produzenten im weiteren Sinn, zu denen z.B. Landwirtschaft, Verarbeiter, Handel und Verbraucher zählen. Die Ergebnisse sind in unveröffentlichten Protokollen[363] zusammengefasst und in den gültigen Maßnahmenkatalog[364] eingeflossen.

6.1.3 Stakeholder-Beteiligung beim Projekt „Kommunikation mit der Öffentlichkeit“

Das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Kommunikation mit der Öffentlichkeit bei radiologischen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen“ des Bundesumweltministeriums (BMU) wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit dem Auftragnehmer iku (iku GmbH Dortmund) durchgeführt, um die Kommunikations- und Informationsaufgaben unter Berücksichtigung der internationalen Praxis zu optimieren. Ziele des Projekts waren laut Endbericht[365] *„neue Erkenntnisse der Risikokommunikation in die Kommunikationsstrategie mit der Öffentlichkeit [zu] integrieren“, „die Zugänglichkeit und Verständlichkeit der Information weiter [zu] optimieren“* und *„durch eindeutige und nachvollziehbare Informationen die Akzeptanz von Maßnahmen zur Krisenbewältigung bei der Bevölkerung [zu] erhöhen.“* Zweck und Zielsetzung dieser Kommunikationsübung waren außergewöhnlich. So wurde diese Übung in einer Tagung des Fachverbandes Strahlenschutz als *„bundesweit einmalige Kommunikationsübung unter Beteiligung von Öffentlichkeitsvertretern (u.a. auch Medienvertretern)“*[366] beschrieben: *„Ziel dieser Übung war, zu testen, ob die für ein[en] radiologisch relevanten Ereignisfall vorbereiteten amtlichen Mitteilungen verstanden und die gewünschten Verhaltenseffekte auslösen werden. Im Ergebnis der Übung wurden Empfehlungen für eine weitere Optimierung des behördlichen Kommunikationsmanagements mit der Öffentlichkeit erarbeitet“.*[367] *„Am 05.10.2006 fand in den Räumen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) in Neuherberg bei München das Planspiel zur Überprüfung der von IKU überarbeiteten amtlichen Mitteilungen und neu erstellten Risikokommunikationstexte statt. 23 Mitarbeiter des GSF-Forschungszentrums – als Vertreter der Öffentlichkeit - beurteilten mit elektronischen Abfragen und in Diskussionen vorbereitete*

363 Pfeffer 2006
364 Strahlenschutzkommission 2010
365 iku 2007: 13
366 Claus/Zander 2010: 313
367 Claus/Zander 2010: 313

Radiomitteilungen und Internettexte. Den Texten lag ein Szenario für einen schweren Störfall (Kühlmittelverluststörfall mit Ausfall der Notkühlung) in einem Kernkraftwerk zugrunde".[368]

Das Planspiel diente dazu, herauszufinden, ob und inwieweit als Reaktionen auf amtliche Mitteilungen bei Kernkraftwerksunfällen Verständlichkeit, Angemessenheit, Informiertheit und Glaubwürdigkeit von den Untersuchungsteilnehmern wahrgenommen wurden und ob personenbezogene Merkmale bei der Wahrnehmung der Mitteilungen eine Rolle spielen: *„Folgende Fragen standen im Mittelpunkt des Planspiels: Was verstehen die Teilnehmenden richtig? Wodurch fühlen sich die Teilnehmenden bedroht? Wie informiert fühlen sich die Teilnehmenden? Wie glaubwürdig finden sie die Informationen? Gibt es bei der Rezeption Unterschiede in Bezug auf Alter, Geschlecht, Bildungsstand und ob man Kinder hat oder nicht? Folgen die Teilnehmenden den Handlungsanweisungen*?" [369] Zu den „Empfehlungen für eine weitere Optimierung des behördlichen Kommunikationsmanagements mit der Öffentlichkeit" gehören laut Abschlussbericht eine „*Dosis-Wirkungsorientierte Untergliederung*" des vom Kernkraftwerksunfall betroffenen Gebietes. Dazu regt der Auftragnehmer des Projekts an: *„Um zielgenaue Kommunikationsmaßnahmen und Empfehlungen für die Bevölkerung im Ereignisfall ableiten zu können, schlagen wir eine Dosis-Wirkungsorientierte Untergliederung des Gebietes vor. Die Inhalte der Botschaften und die Handlungsanweisungen für die Bevölkerung in den verschiedenen Untergebieten unterscheiden sich nach dem Grad der zu erwartenden gesundheitlichen Wirkungen, die sich räumlich und zeitlich entsprechend der Zoneneinteilung differenziert".* [370] Ein weiteres Ergebnis des Planspiels ist die Erfahrung aus der Kommunikationsübung, im Ereignisfall deutlich zwischen Notfallkommunikation und Risikokommunikation zu unterscheiden. Dabei sind beide Kommunikationsbereiche im Abschlussbericht explizit definiert: *„Amtliche Mitteilungen liefern Fakten zur Lage und deren Bewertung, geben Verhaltensanweisungen und benennen einen Kontakt, wo die Bevölkerung weitergehende Informationen erhält. Sie zielen als Mittel der Notfallkommunikation darauf, das Verhalten der Bevölkerung in den schwer betroffenen Gebieten direktiv zu steuern. Die Risikokommunikation bietet in einem gestaffelten System weitergehende Informationen, wie Dosiserläuterungen, Risikovergleiche, Erläuterungen zu Verhaltensweisen und Handlungsempfehlungen sowie Erläuterungen zu Fachbegriffen und Fachinformationen. Sie konzentriert sich auf Zielgruppen in den weniger schwer betroffenen Gebieten und zielt darauf, die*

368 Claus/Zander 2010: 313
369 Claus/Zander 2010: 314
370 iku 2007: 320

Kompetenz der Bevölkerung zu erhöhen. Dazu gehört eine realistische Risikowahrnehmung und die Kenntnis der eigenen Handlungsmöglichkeiten".[371]

6.2 Internationale Harmonisierungsprojekte

In den letzten zehn Jahren vor dem Fukushima-Unglück wurden drei umfangreiche internationale Projekte unter deutscher Beteiligung durchgeführt, die die grenzüberschreitende Harmonisierung der Planung und der Durchführung des Schutzes der Bevölkerung bei Kernkraftwerksunfällen zum Ziel hatten. Die Initiatoren dieser Projekte waren unterschiedlich: bei der „Fünf-Länder-Arbeitsgruppe" ging die Initiative von der französischen Aufsichtsbehörde und bei der Jodblockade-Studie von Europäischen Kommission aus, während die „Arbeitsgruppe EPAL", die unter deutschem Vorsitz tagte, von der Gruppe der Leiter der europäischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden für Strahlenschutz (HERCA) eingerichtet wurde. Alle diese Aktivitäten zur grenzüberschreitenden Harmonisierung waren im Wesentlichen auf den europäischen Raum beschränkt und waren zeitlich vor dem Fukushima-Unglück (mehr oder minder erfolgreich) abgeschlossen worden.

6.2.1 „Trans-border harmonization" der Fünf-Länder-Arbeitsgruppe

Die Fünf-Länderarbeitsgruppe war eine ad hoc Arbeitsgruppe von 18 Experten nationaler Behörden aus Belgien, Frankreich, Luxemburg, Deutschland und der Schweiz, die in den Jahren 2006 und 2007 versucht hat, eine Bestandsaufnahme bei grenzüberschreitenden Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im Fall von Kernkraftunglücken durchzuführen, Unterschiede und Gemeinsamkeiten zu identifizieren sowie Vorschläge zur Vereinheitlichung von Jodblockaden und anderen Katastrophenschutzmaßnahmen vorzulegen.[372] Das Ergebnis der sechs Arbeitstreffen ist im Juni 2007 in dem Bericht „Trans-border harmonization of iodine prophylaxis and linked protective actions" zusammengefasst worden.[373] So wurden erstmals die Abweichungen in den Ländern im Detail festgestellt. Z.B. fand man Differenzen in den Dosisabschätzungen bis zu einem Faktor vier und Variationen bei den Risikoabschätzungen um den Faktor zehn und identifizierte die unterschiedlichen Entscheidungsgrundlagen für die Einleitung von Schutzmaßnahmen. In dem Bericht wurden 14 Vorschläge gemacht, welche Elemente einheitlich in die nationalen Schutzstrategien übernommen werden können.[374]

371 iku 2007: 320
372 Breuskin et al. 2010: 58; Kuhlen et al. 2007
373 Common Report 2007:
374 Breuskin et al. 2010: 58

Ein weiteres Ergebnis war die Festlegung auf länderübergreifende einheitliche Strukturen und Inhalte für ein Faltblatt zur Unterrichtung der Bevölkerung zur Jodblockade, das von fünf Ländern übernommen wurde. Zudem einigte man sich auf Bestandteile von Merkblättern zum Schutz vor Radiojod, die von den nationalen Behörden herausgegeben und im Internet veröffentlicht wurden.[375] Als eine Konsequenz aus den Ergebnissen der Arbeiten der Fünf-Länderarbeitsgruppe hat Frankreich im Zusammenhang mit der Schutzmaßnahme zur Jodblockade bei Kernkraftwerksunfällen seine Eingreifrichtwerte für die Einnahme von Jodtabletten neu festgelegt.[376]

6.2.2 Die Studie der EU-Kommission zur Jodblockade

Veranlasst durch die Ergebnisse der Fünf-Länder-Arbeitsgruppe führte die EU-Kommission im Jahr 2008 ein Projekt unter dem Titel "Effectiveness of Iodine Prophylaxis in a Nuclear Reactor Emergency“ ein und gab eine entsprechende Studie in Auftrag. Ziel des Projekts war die Bereitstellung von Studienergebnissen zur Unterrichtung der nationalen europäischen Behörden, die die neuesten medizinischen Erkenntnisse zum Einsatz von stabilem Jod bei Kernkraftwerksunfällen berücksichtigen, einen umfassenden Übersicht über die in den Ländern Europas bestehenden Jodblockade-Maßnahmen geben und Wege zu einer europäischen Harmonisierung aufzeigen sollen: “*a study aiming at having (i) an update of the latest medical knowledge regarding the safety and efficiency of stable iodine intake in case of a nuclear emergency and (ii) a comprehensive picture of the practices in all European Countries, with the aim of further informing the European national authorities and exploring ways towards a European harmonization*”.[377] Projektnehmer war ein französisch-deutsches Konsortium von staatlich geförderten Sachverständigenorganisationen, das die schriftliche Befragung durchführte. 26 europäische Länder beantworteten einen Fragebogen[378], der Basis für die im Jahr 2010 veröffentlichte Studie war. Von den Fragebogenteilnehmern der Studie wurden mehrere Hindernisse zur europaweiten Harmonisierung der Jodblockade genannt.[379] Z.B. besteht wenig Bereitschaft bei den Regierungen der Länder, Vorschriften erneut zu ändern, wenn diese erst kürzlich festgelegt wurden. Zudem dürfte politisch kaum durchsetzbar sein, die Werte nationaler Eingreifrichtwerte zur Jodblockade zu erhöhen, um sie international anzupassen, da diese Maßnahme als „Absenkung des Schutzniveaus“ interpretiert wird, die an der öffentlichen

375 Siehe zum Beispiel die Internet-Seiten der Behörden von Belgien, Deutschland und Luxemburg: Belgien 2010; BMU 2010c; Luxemburg 2010 sowie die deutsche Broschüre für Jodblockade: BMU 2010b.
376 Siehe RISKAUDIT 2010: 32 (“Table XII. Emergency reference levels in Europe”)
377 RISKAUDIT 2010: 6
378 Der Fragebogen ist in RISKAUDIT 2010: 56–60 wiedergegeben.
379 RISKAUDIT 2010: 46

Diskussion scheitern würde, und somit als Hindernis für eine Harmonisierung angesehen werde. Darüber hinaus teilte ein Land mit, dass es nicht bereit ist, das bestehende nationale Jodblockade-Konzept auf bestimmte Bevölkerungsgruppe einzuschränken (wie das in einigen Ländern der Fall ist), da es in der Vergangenheit ein Schutzkonzept eingeführt hat, das vorsieht, alle Altersgruppen der Bevölkerung ausreichend mit Jodtabletten zu versorgen, und es zur Umsetzung dieses Konzepts genügend Vorräte an Jodtabletten beschafft hat.

6.2.3 Das Projekt EPAL

Die Arbeitsgruppe EPAL (Emergency Preparedness and Action Levels) existierte von 2007 bis 2010. Sie wurde von HERCA (Heads of European Regulators Association), der Gruppe der Leiter der europäischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden für Strahlenschutz, eingerichtet. Das Mandat für die Arbeitsgruppe EPAL war nicht spezifiziert, sondern ergab sich aus zwei Statements von HERCA, in denen die Sorge über den fehlenden europaweit harmonisierten Notfallschutz, die das Notfallmanagement erschwere, zum Ausdruck gebracht und vorgeschlagen wurde, als Regulatoren selbst eine führende Rolle bei der Harmonisierung zu übernehmen: *"The countries in particular express their concern on lacks of harmonisation in emergency preparedness which would make the management of a nuclear accident difficult in Europe. The regulators are encouraged not to wait for external initiatives and to take the lead of the topic"*. [380] EPAL existierte vom Dezember 2007 bis 2010 und hatte insgesamt 25 Mitglieder aus 13 europäischen Ländern, von denen drei (darunter der Verfasser) an allen 11 Treffen teilgenommen haben. Inhaltlich beschäftigte sich die Arbeitsgruppe vorrangig mit Vorschlägen zur Harmonisierung der Dosisgrenzwerte[381], die Grundlagen für die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Reaktorunglücken sind.[382] Ein Ergebnis von EPAL sind die von HERCA im Juni 2011 gebilligten *Praktischen Leitlinien zur Durchführbarkeit von frühen Schutzmaßnahmen* („*Emergency Preparedness Practical Guidance – Practicability of Early Protective Actions*")[383]. Inhalt dieser Leitlinien sind Beschreibungen wesentlicher Merkmale für die Katastrophenschutzmaßnahmen (Aufenthalt in Gebäuden, Evakuierung und Jodblockade) bei Kernkraftwerksunfällen, die länderübergreifend einheitlich durchgeführt werden sollen. Dabei werden Definitionen, Ziele, Begründungen für die Umsetzung sowie Kriterien für die Einleitung der Maßnahmen angegeben. Zudem werden in den Leitlinien Aufgaben, Maßnahmen und Anweisungen der zuständigen

380 EPAL 2010; Dieses Mandat an EPAL beruhte auf Erklärungen (statements) beim HERCA Treffen am 29.05.2007 in Paris.

381 Die Vorschläge für die Dosisgrenzwerte sind auch Gegenstand des Fragebogens der vorliegenden Arbeit (s. Kapitel 14).

382 Wirth/Kuhlen 2010: 244–251

383 HERCA 2011

Behörden festgelegt, Anleitungen für die Bevölkerung und Hinweise an die Öffentlichkeit gegeben, Einschränkungen und mögliche Komplikationen sowie Risiko- / Nutzen-Erwägungen in Bezug auf die Schutzmaßnahmen aufgezeigt.

Die über mehrere Jahre durchgeführten, fachlich anspruchsvollsten Arbeiten von EPAL betrafen die Versuche zur europaweiten Harmonisierung von dosisabhängigen Eingreifrichtwerten („Reference Levels“) zur Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung bei Kernkraftwerksunfällen. Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme der nationalen Eingreifrichtwerte und deren Beschreibung sowie ein Vorschlag zur Vereinheitlichung (EPAL Referenzniveaus bzw. „EPAL Reference Levels“)[384] wurden in einem Bericht (Oslo-Report)[385] an die HERCA zu ihrer Sitzung am 30. Juni 2010 in Oslo zusammengestellt. Mit den EPAL Referenzniveaus wurde erstmalig ein Vorschlag einer internationalen Arbeitsgruppe unterbreitet, wie die europaweit einheitlichen Eingreifrichtwerte für die sechs Maßnahmen Verbleiben in Gebäuden (sheltering), Evakuierung (evacuation), Jodblockade (iodine blocking), Rückkehr (returning), späte Evakuierung (relocation) und langfristige Umsiedlung (resettlement) aussehen können.[386]

Der Oslo-Report (und damit die EPAL Referenzniveaus) wurde jedoch von HERCA nicht angenommen. Eine Annahme hätte nur bei Einstimmigkeit erfolgen können. Auch wenn genauere Angaben nicht vorliegen, dürften nach Recherchen des Verfassers maßgeblich für die Ablehnung durch HERCA gewesen sein, dass die Thematik inhaltlich zu komplex ist, um sie ohne umfassende Vorbereitung und ausreichend Zeit für Diskussionen den politisch Verantwortlichen zur Entscheidung zu überlassen, und die fachlichen Inhalte unter Experten, die nicht an der Erarbeitung teilgenommen haben, sicher nicht unumstritten sind. So gibt es ein unterschiedliches Verständnis in Expertenkreisen zur Terminologie, d.h. zu Begriffen und deren Anwendung (z.B. reference levels, actions levels, ALARA principle). Zudem dürfte es auch bei HERCA Mitgliedern Fragen, Bedenken oder Zweifel gegeben haben, ob die Ansätze von EPAL im Einklang mit Konzepten anderer internationaler Arbeitsgruppen (von ICRP, EU, NEA) und akzeptierten internationalen Regelungen (ICRP 103 u.a.)[387] stehen und wie man aus den EPAL-

384 EPAL 2010: 10–17

385 Der Bericht (EPAL 2010) trägt den Titel „Results of the Working Group on „Emergency Preparedness and Action Levels (Interim Report, June 2010)“. Er ist Bestandteil der (unveröffentlichten) Unterlagen zum “Fifth meeting of the Heads of European Radiation Control Authorities, Oslo, Norway. 30th June - 1st July 2010”, die vom HERCA-Sekretariat am 23. Juni 2010 an die HERCA-Mitglieder per elektronischer Post (e-mail) versandt wurden und war entsprechend dem „Tagesordnungspunkt 6c“ Beratungsgegenstand beim HERCA-Treffen am 30.06.2010.

386 Die Werte für das *EPAL-Referenzniveau* sind auf den Seiten 241ff. im Anhang (Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 15, Tabelle 16 und Tabelle 17) wiedergegeben.

387 IAEA-Regelungen (IAEA 1996, 2002, 2010, 2012a) und ICRP-Dokumente 63,101,103,109,111 (ICRP 1991, 2006, 2009a, 2009b; ICRP/BfS 2007)

Referenzniveaus sogenannte Operation Intervention Levels, d.h. Werte ableitet, die messtechnisch erfasst und im Ereignisfall eines Reaktorunglücks zur Anwendung kommen.

7. Analyse der Dosen und nationalen Eingreifrichtwerte und Befunde aus der Befragung der internationalen Experten im nuklearen Notfallschutz

Bei der Notfallschutzplanung zur Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen geht es um die Frage, wie ein grenzüberschreitender Schutz der Bevölkerungen in Staaten, die von den radiologischen Folgen betroffenen sind, geregelt werden kann, obwohl auf internationaler Ebene keine adäquate politische Instanz existiert, die diese Aufgabe der Entscheidungsfindung und Entscheidungsdurchsetzung übernehmen könnte. Da das Politikfeld des nuklearen Notfallschutzes ein weltweites Problem ist, müsste diese Instanz als - „*utopisches Ziel*"- im Grunde genommen ein Weltstaat sein, der „*am Ende eines langen Prozesses von freiwilligem Souveränitätsverzicht und der Übertragung von Souveränität an transnationale Institutionen*" stehen könnte.[388] Jedoch sind nach den bisherigen Erfahrungen des Verfassers die Nationalstaaten weiterhin die dominanten Akteure bei der Entscheidungsfindung in Angelegenheiten der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen. Sie wollen auf internationaler Ebener weder ihre Macht abgeben noch hinter andere politische Akteure zurücktreten. Somit ergibt sich der Befund, dass eine Entstaatlichung der Politik im Sinne eines „*Governance without Government*"[389] nicht stattfindet. Ein Trend hin zu internationalen Regelungsstrukturen ohne staatliche Beteiligung oder eine zunehmende Vergesellschaftung im Sinne einer Übernahme des internationalen Regierens durch gesellschaftliche Gruppen ist nach den Erfahrungen des Verfassers auch nicht zu beobachten. Diese Einschätzung gilt auch ungeachtet der dargestellten Entwicklung seit dem Tschernobyl-Unglück, die gekennzeichnet ist durch eine verbesserte internationale Zusammenarbeit, die Errichtung von Bausteinen einer Global-Governance-Architektur zur nuklearen Sicherheit und durch die erfolgreiche Durchführung von nationalen und internationalen Stakeholder-Projekten zum Notfallmanagement. Die Entscheidungsträger für nukleare Sicherheit in den Nationalstaaten sind jedoch wegen der Komplexität des Politikfeldes nuklearer Notfallschutz auf den Rat ihrer Experten angewiesen. Aus Anlass der erstmaligen Erarbeitung internationaler gemeinsamer Vorschläge in dem Projekt EPAL (EPAL-Referenzniveau, Oslo-Report) durch Fachleute ist es von Interesse, ob es unter den Experten für nukleare Sicherheit, die in ihren Ländern für die

388 Menzel 2004:7
389 Schuppert 2008:16, Rosenau/Czempiel 1992

Politikberatung zuständig sind, einen Konsens über die im Ereignisfall eines Kernkraftwerkunglücks erforderlichen Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung gibt. Selbst wenn dieser Kreis von Beratern nicht direkt im Problemfeld nuklearer Sicherheit über Entscheidungsmacht verfügt, ist er doch die Gruppe, die über Expertise verfügt und an der Lösungsfindung beteiligt ist, wenn es um Entscheidungen bei Fragen der internationalen Harmonisierung von Schutzmaßnahmen und der Konzepte eines grenzüberschreitenden Notfallmanagements geht. Wenn es zudem eine entsprechende „epistemic community" gibt[390], d.h. Expertennetzwerk, das in dem Wissensbereich des anlagenexternen Notfallschutzes Autorität ausübt und darüber, direkt oder indirekt über die Politikberatung, Einfluss auf politische Entscheidungen ausübt, lässt sich die Kooperation zwischen Staaten durch diese Expertengruppe politisch steuern. Das Vorhandensein einer „epistemic community" wie diese auf den Politikfeldern der Nuklearwaffenkontrolle, des Schutzes des stratosphärischen Ozon[391] und der Begrenzung des globalen Klimawandels vorliegt, dessen Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC) der Öffentlichkeit gut bekannt ist, dürfte für komplexe Politikfelder, zu denen auch der nukleare Notfallschutz gehört, als notwendige wenn auch nicht hinreichende Voraussetzung für die Umsetzung von Global Governance eine Rolle spielen. Inwieweit die Experten, die die Politik hinsichtlich der nuklearen Sicherheit beraten, sich über die im Ereignisfall erforderlichen Maßnahmen und die zugehörigen Konzepte des Notfallmanagements einig sind, ist bisher international noch nicht untersucht worden. Im Fall eines fehlenden Konsenses unter den als Politikberater tätigen Experten sind die Voraussetzungen für eine „epistemic community" nicht erfüllt und es kann somit derzeit nicht erwartet werden, dass ein Expertennetzwerk einen nachhaltigen Beitrag für ein grenzüberschreitendes konsistentes Notfallmanagement bei Kernkraftwerksunfällen leisten wird.

Eine Befragung aller internationalen Experten zu allen unterschiedlichen Themenbereichen im anlagenexternen Notfallschutz kann wegen des komplexen und umfangreichen Fachgebietes nicht in Frage kommen. Es ist also zweckmäßig, sich auf ein Kernthema unter den Themenbereichen zu konzentrieren, das in den bisherigen nationalen Konzepten eine Schlüsselrolle spielt. Hierfür kommen aus fachlichen Gründen die unter dem Stichwort „Eingreifrichtwerte" gegebenen dosisbezogenen Anforderungen an Grenzwerten im Notfallschutz in Frage: Eingreifrichtwerte haben bei Kernkraftwerksunfällen eine herausragende Bedeutung, weil sie in behördlichen Notfallschutzregelungen als Maßstäbe für die Einleitung von Maßnahmen des Schutzes der

390 Haas 1992:3
391 Haas 1992:5

Bevölkerung vor Strahlenexpositionen dienen. Eingreifrichtwerte spielen also bei der Frage eines angemessenen Schutzes von Mensch und Umwelt eine erhebliche Rolle und sind wesentlich für die Festlegung von Maßnahmengebieten, die möglicherweise grenzüberschreitend sind. Eingreifrichtwerte werden in den nationalen Regelungen auf der Basis von Dosen festgelegt. Daher kommt den mit den Dosen und Dosisgrenzwerten verbundenen fachlichen Konzepten sowie international einheitlichen radiologischen Grundlagen eine große Bedeutung bei der grenzüberschreitenden Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen zu.

7.1 Die radiologischen Grundlagen im Notfallschutz (Dosen und Dosisgrenzwerte)

Da es im nuklearen Notfallschutz eine erhebliche Anzahl unterschiedlicher Schutz- und Vorsorgemaßnahmen gibt, muss eine geeignete Auswahl der betrachtenden Maßnahmen und ihrer Kriterien getroffen werden, die Gegenstand für die weiteren Untersuchungen ist. Zweckmäßig erscheint aus fachlichen Gründen die Konzentration auf die drei wichtigsten Maßnahmen des Katastrophenschutzes und auf die damit verbundenen dosisbezogenen Eingreifrichtwerte, die in der Frühphase eines Kernkraftunfalls mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen die größten gesundheitlichen Auswirkungen auf potenziell exponierte Personen haben: Evakuierung, Verbleiben in Gebäuden und Jodblockade der Schilddrüse. Um die Komplexität bei dem Vergleich der nationalen Eingreifrichtwerte weiter zu reduzieren, genügt es, sich auf wenige aber bedeutende Parameter der Eingreifrichtwerte zu konzentrieren: die Höhe und Art der Dosis sowie die Integrationszeit, die bei der Ermittlung der Dosis durch Integration der Dosisleistung zu Grunde liegt.

Im Wesentlichen hängen die betrachteten Parameter mit den Strahlungswirkungsgrößen aus den Fachgebieten der Physik, Biologie und Medizin zusammen und, wie sich bei näherer Betrachtung ihrer Definitionen in der Fachliteratur herausstellt, sind diese nicht immer einheitlich und fachübergreifend konsistent definiert, was jedoch für die grenzüberschreitende Vereinheitlichung von dosisbezogenen Größen von erheblicher Bedeutung ist. Aus diesem Grund werden im Anhang die für die Festlegung von Eingreifrichtwerten zur Einleitung von Maßnahmen des Notfallmanagements bei Kernkraftwerksunfällen erforderlichen fachlichen Grundlagen beschrieben, insbesondere wird eine zusammenfassende Beschreibung der Dosen und Dosisgrenzwerte gegeben[392], die für den nuklearen Notfallschutz eine Rolle spielt. Wenn auch dabei lediglich auf die unterschiedliche Fachliteratur zurückgegriffen wird, so dürfte die

392 Kapitel 12.1 (Dosisbegriffe), und Kapitel 12.2 (Dosisgrenzwerte und deren Parameter)

Nützlichkeit dieser Zusammenstellung darin liegen, dass (nach den Recherchen des Verfassers) in dieser Form erstmals eine umfassende, auf die Zwecke der nuklearen Sicherheit zugeschnittene Zusammenstellung konsistenter Begriffe von Dosisgrößen und -grenzwerten im Notfallschutz vorliegt. Die Zusammenstellung ist so strukturiert, dass zunächst von grundlegenden Begriffen der Kernphysik (Aktivität, Zerfallskonstante, Zerfallsgesetz) ausgegangen wird und dann die Größen für die Dosis aufgeführt und dabei die jeweiligen Maße für die physikalischen und die biologischen Strahlenwirkungen gesondert betrachtet werden. Unter den letztgenannten Dosisgrößen im Strahlenschutz werden einerseits die Körperdosisgrößen betrachtet und andererseits die für den praktischen Strahlenschutz relevanten Dosismessgrößen, die sich in die Klasse der Ortsdosen und in die der Personendosen gliedern. Zudem wird der Zusammenhang zwischen Dosen, Folgedosen und Strahlenschäden und Strahlenrisiken kurz dargestellt, die für den Kennkraftunfall relevanten Begriffe der verbleibenden, vermeidbaren und zu erwartenden Dosen beschrieben und der qualitative zeitliche Verlauf der Dosisleitungen bei Kernkraftwerksunfällen skizziert. Erwähnenswert und für die internationale Vereinheitlichung nicht unproblematisch ist der Sachverhalt, dass die zusammengestellten Begriffe unterschiedlich und gelegentlich nicht ausreichend genau festgelegt sind. So gibt es einerseits die Begriffe der Physik und deren Einheiten, die sich dadurch auszeichnen, dass sie in der Literatur übereinstimmen, sowie präzise und genau sind, d.h. entsprechende Messungen liefern (zumindest im Prinzip) dieselben Ergebnisse und man kann davon ausgehen, dass ein hinreichend hoher Grad an Übereinstimmung zwischen den angezeigten Messergebnissen und dem wahren Wert vorliegen. Ein Beispiel hierfür ist das Gray als Einheit für die Energiedosis. Andererseits sind Körperdosisgrößen wie die Organdosis und effektive Dosis nicht unmittelbaren Messungen zugänglich, so dass sie aus messbaren Dosisgrößen, z.B. aus operativen Größen, abgeschätzt werden müssen. Bei diesen Abschätzungen werden vereinfachte Annahmen über Gewebe, Körperteile oder Organe des Menschen und deren Strahlensensibilität gemacht, die zudem in nationalen Vorschriften uneinheitlich vorgegeben und in internationalen Dokumenten als Empfehlungen nicht verbindlich vorgegeben sind. So beruhen die Gewebewichtungsfaktoren in den Regelungen (Strahlenschutzverordnung, Röntgenverordnung) in Deutschland auf den Empfehlungen der ICRP von 1991, während die ICRP seit 2007 ein anderes Modell mit 15 statt 13 Organen oder Geweben und mit zum Teil abweichenden Gewebewichtungsfaktoren vorgelegt hat.[393] Damit lässt sich ein Befund für die Harmonisierung von Schutzmaßnahmen aus der Erfassung von Dosen und Dosengrenzwerten ableiten, der unabdingbar für ein grenzüberschreitend konsistentes Notfallmanagement bei Kernkraftwerksunfällen ist: Es werden für Notfallschutzmaßnahmen

393 Vogt/Schulz 2011:74

international einheitliche fachliche Grundlagen als Basis für eine Standardisierung benötigt. Daher bedarf es eines Konsenses der Staaten, der vorsieht, ein mit Vollmachten versehenes Standardisierungsgremium zu benennen, das unter fachlichen Gesichtspunkten Definitionen, Mengen und Maßeinheiten von Strahlung und Radioaktivität sowie entsprechende Messverfahren entwickelt. Zudem ist zu vereinbaren, dass die Ergebnisse dieses Standardisierungsgremiums international akzeptiert und deren Ergebnisse national umgesetzt werden, d.h. es ist für die Umsetzung dieser Größen in nationale Normen, Vorschriften und Standards zu sorgen. Tatsächlich existiert zwar mit der Internationalen Kommission für Strahlungseinheiten und Messung (International Commission on Radiation Units and Measurements ICRU) ein Standardisierungsgremium, das 1925 durch den Internationalen Röntgenkongress (International Congress of Radiology) gegründet wurde, aber die ICRU wäre personell überfordert, da deren Kommission laut Satzung nur aus maximal 15 wissenschaftlichen Mitgliedern besteht.

7.2 Die nationalen Eingreifrichtwerte (Datenlage, Vergleichsstudien, Stand und Entwicklungen)

Bevor im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine Befragung der Experten zu den Eingreifrichtwerten stattfand, wurde eine Bestandsaufnahme der geltenden nationalen Dosisgrenzwerte durchgeführt, um zu ermitteln ob diese untereinander vergleichbar sind bzw. ob und inwieweit diese international schon harmonisiert sind. Denn grundsätzlich wäre es möglich, dass die Staaten insgesamt oder eine Gruppe von Staaten wie z.B. die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union trotz der unterschiedlichen Dosisbegriffe in ihren Regelungen dieselben Dosiswerte und -parameter zu Grunde legen. Für diese Untersuchung der nationalen Eingreifrichtwerte konnte auf drei vorhandene Vergleichsstudien aus den Jahren 2003, 2008 und 2010 zurückgegriffen werden[394]. Die Datenlage zu den maßnahmenbezogenen Eingreifrichtwerten zum Zeitpunkt vor dem Fukushima-Unglück ist im Anhang[395] zusammengefasst. Wie sich herausstellte, sind diese Studien nicht direkt miteinander vergleichbar. Z.B. unterscheiden sie sich, wie im Anhang dargestellt, bei der Auswahl der untersuchten Länder, bei der Betrachtung von Maßnahmen und in der Zielrichtung der Untersuchung. So diente die Studie von 2003 dem Vergleich der Modelle und Parameter zur Entscheidungsbegründung, die Studie von 2008 einer Bestandsaufnahme von nationalen Katastrophenschutzmaßnahmen zur Auslotung eines Vorschlags zur europaweiten Harmonisierung von Eingreifrichtwerten für dringende Maßnahmen und die

394 EPAL 2008, BMU 2003, RISKAUDIT 2010
395 Kapitel 13.1 und 15

Studie von 2010, um einen umfassenden Überblick „*über die neuesten medizinischen Erkenntnisse über die Sicherheit und Effizienz der stabilen Jodversorgung im Falle eines nuklearen Notfalls zu geben und über die Praktiken in allen europäischen Ländern zu informieren, mit dem Ziel, die nationalen europäischen Behörden darüber zu unterrichten und nach Möglichkeiten zu einer europäischen Harmonisierung zu suchen*“.[396]

Zur Ermittlung von nationalen Eingreifrichtwerten wurden daher die Daten aus der Studie von 2003 in den Tabellen, wie in der Anlage dargestellt, in einer übersichtlichen Form mit dem Blick auf die wichtigsten Parameter zusammengefasst. Schon hier erkennt man den Befund, dass die nationalen Eingreifrichtwerte miteinander inkompatibel und daher keine konsistenten Schutzmaßnahmen bei schweren Kernkraftunfällen mit erheblichen radiologischen Folgen zu erwarten sind, denn in den Tabellen finden sich unterschiedliche Werte hinsichtlich der Art und Höhe der Dosen sowie des ihnen zu Grunde liegenden Integrationszeitraumes. Davon abgesehen sind auch die bei der Dosisermittlung zu berücksichtigenden Expositionspfade in den nationalen Regelungen zum nationalen Notfallschutz uneinheitlich. Zumindest können die Aussagen dieses Befundes für den Untersuchungszeitraum (von 2000 bis 2003) der Studie getroffen werden. Obwohl mit dem Tschernobyl-Unglück seit 1986 bekannt war, dass Kernkraftwerksunfälle großräumige Gefahrenlagen zur Folge haben können, es schon zur damaligen Zeit (2003) eine langjährige grenzüberschreitende nukleare Zusammenarbeit in vielen bilaterale Kommissionen gab sowie ein entsprechender langjähriger Erfahrungsaustausch auf internationale Ebene und eine Zusammenarbeit supranationalen Organisationen auf den Gebieten der nuklearen Sicherheit und Erfahrungen in internationalen Notfallschutzübungen existierten, war es nicht gelungen, in Europa einheitliche Vorsorge- und Schutzmaßnahmen in einer radiologischen Gefährdungssituation zu schaffen. So stellt die Studie von 2003 zutreffend fest, was insbesondere auch für die Eingreifrichtwerte als Grundlage für die Einleitung von Schutzmaßnahmen gilt: „*Trotz der international gültigen Empfehlungen und Regelungen ergeben sich aus ihrer Umsetzung deutliche Unterschiede, die zur Folge haben, dass eine Entscheidung über die Einleitung von Maßnahmen in einer konkreten Notfallsituation in den untersuchten Staaten durchaus zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann*."[397] Aus diesem Befund und den Inkonsistenzen bei den untersuchten Eingreifrichtwerten lässt sich schließen, dass bei den Fachberatern der Regierungen zum Zeitpunkt der Studie keine gemeinsamen Annahmen über Kausalzusammenhänge („*shared causal*

396 „...has launched a study aiming at having (i) an update of the latest medical knowledge regarding the safety and efficiency of stable iodine intake in case of a nuclear emergency and (ii) a comprehensive picture of the practices in all European Countries, with the aim of further informing the European national authorities and exploring ways towards a European harmonization.“ (RISKAUDIT 2010:6).

397 BMU 2003:VI-1

beliefs“)[398] gehabt haben, was eine der Voraussetzungen für die Bildung einer „epistemic community“ ist.

Diese Erkenntnis, dass bei einem Reaktorunfall grenzüberschreitend unterschiedliche und vermutlich widersprüchliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden, hat Frankreich veranlasst[399], mit den zuständigen Behörden Frankreichs (ASN, IRSN) und Belgiens (AFCN, AFN), bei einem bilateralen Treffen im Januar 2006 zu vereinbaren, Experten für nukleare Sicherheit aus Belgien, Deutschland, Frankreich, Luxemburg und der Schweiz, die in ihren Ländern für die Politikberatung zuständig sind, einzuladen, einen Konsens über eine harmonisierte Strategie für Jodblockade im Ereignisfall eines Kernkraftwerkunglücks zu suchen, was auch die Frage angemessener Eingreifwerte für entsprechend erforderliche Schutzmaßnahmen umfasst. Dazu wurde ad hoc die erwähnte „Fünf-Länder Arbeitsgruppe“ eingerichtet. Tatsächlich hat Frankreich schon bald nachdem die Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe vorlagen, mit dem Ziel einer langfristigen Harmonisierung und im Sinne einer besseren Angleichung der Werte mit denen seiner Nachbarstaaten die Empfehlungen der Gruppe der „Fünf-Länder Arbeitsgruppe“ angenommen und den Eingreifrichtwert für Jodblockade dadurch angepasst hat, dass der Wert für die Höhe der Schilddrüsendosis von 100mSv auf 50 mSv reduziert wurde.[400] Damit ist dieses ein einzigartiges Beispiel dafür, dass eine Expertengruppe erfolgreich Einfluss auf politische Entscheidungen im nuklearen Notfallschutz nimmt. Der Grund für den Erfolg der Beratergruppe dürfte an der selten günstigen Ausgangskonstellation gelegen haben: die französische Aufsichtsbehörde hatte die Initiative zur Anpassung von Eingreifrichtwerten ergriffen, die Fachberater um Rat gebeten und war bereit, in den rechtlichen Vorgaben zur Notfallschutzplanung Änderungen vorzunehmen. Sie hatte im Vorfeld mit der belgischen Aufsichtsbehörde Einvernehmen erzielt, die Werte grenzüberschreitend zu vereinheitlichen oder zumindest besser aufeinander abzustimmen. Ausgelöst wurde die französische Initiative dadurch, dass die zuständigen staatlichen Behörden Frankreichs und Belgien die Notwendigkeit sahen, die offenkundigen Inkonsistenzen bei ihnen Entscheidungsgrundlagen für die Einleitung der Jodblockade im Falle einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden aus dem französischen Kernkraftwerk Chooz, das nur 3 km von der belgischen Grenze entfernt ist, zu beheben.

398 Hass:18

399 „...France plans to adapt its national strategy in coherence with international organization recommendations and in a harmonized way with neighbouring countries. Ministry of Health gave this mission to Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN). Therefore a national expert group has been working since 2006 in order to produce a new regulation for September 2007.” Common Report 2007:4

400 Tabelle 10 (100mSv) und Tabelle 57 (50 mSv)

Anders als im Fall der „Fünf Länder Arbeitsgruppe“ war die Ausgangssituation bei der Einrichtung der Arbeitsgruppe EPAL, die ca. ein halbes Jahr nach der mit der Veröffentlichung des Common Report aufgelösten „Fünf Länder Arbeitsgruppe“ von HERCA eingerichtet wurde. In HERCA saßen zwar die Leiter der europäischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden für Strahlenschutz und damit die Entscheidungsträger, aber weder gaben sie der EPAL ein klares Mandat zur Überarbeitung der nationalen Eingreifrichtwerte noch bestand bei allen Leitern die Bereitschaft, die eigenen Dosisgrenzwerte zu Gunsten europäisch harmonisierter Werte zu ändern wie dies später mit der Nicht-Annahme des EPAL-Abschlussberichtes im Juni 2010 offenkundig wurde. Während die grenzüberschreitenden Notfallplanungen für das Kernkraftwerk Chooz den Anstoß gaben, die französischen und belgischen Werte zur Einleitung der Jodblockade abzustimmen, sah die Mehrheit der Entscheidungsträger bei HERCA zum Zeitpunkt ihrer Entscheidung keinen unmittelbaren Anreiz für eine internationale Harmonisierung von Eingreifrichtwerten. Hinzu kamen die unterschiedlichen Interessenlagen der Entscheidungsträger. Bei der Entscheidungsfindung dürften mehrere Faktoren eine Rolle gespielt haben, z.B. die fehlende Bereitschaft zum Souveränitätsverzicht (bzw. zum Abtreten eines Teils der Souveränität) bei der Festlegung von Werten in nationalen Vorschriften durch Übernahme anderer Werte, die in internationalen Gremien festgelegt werden. Auch gab es Vertreter von Ländern (z.B. Großbritannien), die auf Grund der geographischen Verhältnisse, der Bauart ihrer Kernkraftwerke und der eigenen vorgeplanten Maßnahmengebiete für die Schutzmaßnahmen bei Kernkraftwerksunglücken bestritten, dass es im Ereignisfall zu grenzüberschreitenden Auswirkungen kommen könnte, so dass das Notfallmanagement ein „innerstaatliches Problem“ sei, das keiner überstaatlichen Regelungen bedürfe. Allgemeiner hat der Verfasser häufiger beobachten können, dass bei Verhandlungen über Notfallschutzplanungen immer dann, wenn geplant war, konkrete und verbindliche Werte festzulegen, einzelne Ländervertreter dagegen stimmten, weil aus ihrer Sicht das Prinzip der Nichteinmischung in innere Angelegenheiten verletzt war. Als weiteres Motiv gegen eine Änderung der Eingreifrichtwerte im Rahmen einer internationalen Harmonisierung mag bei den Entscheidungsträgern aus Ländern, die an der Nutzung der Kernenergie festhalten, auch eine Rolle gespielt haben, dass mit der Änderung in den nationalen Regelungen zur nuklearen Sicherheit die öffentliche Diskussion über die Risiken der Kernenergienutzung in ihren Ländern angeheizt würden.

Zudem schienen etliche HERCA-Mitglieder zu diesem Zeitpunkt, an dem die in der Anlage[401] beschriebenen EPAL-Werte (EPAL-Referenzniveau und EPAL-Eingreifrichtwerte) vorlagen, keine Notwendigkeit für Neuregelungen gesehen zu haben, da der letzte schwere Kernkraftunfall

401 Kapitel 13.2, Kapitel 13.2

(Tschernobyl) mehr als zwei Jahrzehnte zurücklag und ein schwerer Unfall mit erheblichen radiologischen Konsequenzen für so unwahrscheinlich gehalten wurde, dass er im Sinne des Restrisikos nicht in nationalen Notfallschutzplanungen betrachtet werden müsse. Nach den Erfahrungen des Verfassers war vor dem Unfall in Fukushima bei Fachleuten in Behörden, Politikberatern und Entscheidungsträgern die Ansicht weit verbreitet, dass aus technischen Gründen bei Reaktoren westlicher Bauart Kernkraftunfälle, die auf Grund der freigesetzten Radioaktivität eine grenzüberschreitende Dimension haben können, ausgeschlossen sind. So scheint nachvollziehbar, dass HERCA sich im Herbst/Winter 2010 darauf verständigte[402], nicht mehr die von EPAL vorgeschlagenen strikten Angleichung von Eingreifrichtwerten zu verfolgen und davon Abstand zu nehmen, auf diese Weise über einheitliche Eingreifrichtwerte eine europäische Harmonisierung des nuklearen Notfallschutzes voranzutreiben.

Tatsächlich hat es in den Jahren vor dem Fukushima-Unglück in Europa nur noch einmal die politische Bereitschaft gegeben, Anpassungen von nationalen Eingreifrichtwerten vorzunehmen, um die Differenzen in den Notfallschutzkonzepten mit den Nachbarstaaten zu verringern. Die Niederlande hatten viele Jahre im Vergleich zu ihren Nachbarstaaten signifikant höhere Dosisgrenzwerte für die Einleitung der Jodblockade, wobei der Unterschied am größten zwischen den beiden Nachbarstaaten Niederlande (500 mSv bzw. 100 mSv) und Belgien (50 mSv) bestand[403], was im Ereignisfall sicher zu widersprüchlichen Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im belgisch-niederländischen Grenzgebiet geführt hätte. In den bilateralen Gremien, z.B. in der Arbeitsgruppe Notfallschutz der deutsch-niederländischen Kommission und in einer niederländisch-belgischen Arbeitsgruppe, wurde wiederholt um eine Überprüfung und Überarbeitung der Jodblockade-Werte gebeten und der Wunsch geäußert, diese im internationalen Vergleich sehr hohen Werte abzusenken. Diese Überprüfung [404] und Bereitschaft zur Anpassung der Werte konnte aber erst, wie sich herausstellte, nach dem Ausscheiden der in der niederländischen Behörde damals verantwortlichen Leiterin erfolgen. Das Motiv gegen eine Absenkung der Höhe der Eingreifrichtwerte war jedoch nicht politischer Art: die Leiterin, die als Medizinerin selbst Expertise hatte, hielt Änderungen der niederländischen Eingreifrichtwerte unter Abwägung von Nutzen und Schaden, d.h. die Verhinderung von Schilddrüsenkrebs einerseits und

402 Da die Treffen von HERCA etwa halbjährlich stattfanden (5. Treffen am 30.06. und 01.07.2010 in Oslo, 6. Treffen am 1.12.2010 in Paris, 7. Treffen am 30.6.2011 in Brüssel) und die Präsentation in der 5. Sitzung stattfand dürfte die endgültige Ablehnung des Oslo-Reports und damit des EPAL-Referenzniveaus beim 6. Treffen im Dezember 2010 erfolgt sein. Der Verfasser (selbst EPAL-Mitglied) erfuhr dieser HERCA-Entscheidung erstmals am 23.12.2010.

403 Tabelle 10, Tabelle 55

404 „Emergency reference level for Iodine intake under review“, vgl. Tabelle 57.

die gesundheitlichen Beeinträchtigungen als Folge der Jodblockade für einen Teil der Bevölkerung andererseits, fachlich für nicht vertretbar.

7.3 Die Befragung der internationalen Experten und die Befunde aus den Rückläufen der Fragebögen

Im Herbst 2010, als die vom Verfasser durchgeführte Fragebogenaktion startete, stellte sich die Situation hinsichtlich der grenzüberschreitenden Harmonisierungsbestrebungen bei Schutzmaßnahmen in nuklearen Notstandssituationen wie folgt dar: Einerseits lagen die drei Vergleichsstudien aus den Jahren 2003, 2008 und 2010 vor, aus denen sich ergab, dass in Europa die Eingreifrichtwerte zur Einleitung von Schutzmaßnahmen nicht aufeinander abgestimmt waren und international verbindliche Übereinkommen oder Vereinbarungen zu einem einheitlichen anlagenlagenexternen Notfallschutz fehlten. Zudem gab es einige internationale Stakeholder- und Harmonisierungsprojekte, deren Erfolge jedoch sehr begrenzt waren, weil sie keinen Beitrag für eine Vereinheitlichung der inkonsistenten nationalen Eingreifrichtwerte lieferten. Andererseits lag der „Oslo-Report“ mit dem „EPAL-Referenzniveau“ seit Juli 2010 den europäischen Strahlenschutzbehörden als einziger Vorschlag für gemeinsame europaweite Richtwerte zur Einleitung für Schutzmaßnahmen bei Kernkraftunfällen vor. Dieser Report war in der internationalen Arbeitsgruppe EPAL im Konsens vereinbart worden und stellte das Ergebnis einer fast vier Jahre dauernden Serie von intensiven Beratungen und teilweise schwierigen Verhandlungen von Experten nationaler Behörden dar. Kern dieses „Oslo-Reports“ ist aus fachlicher Sicht das EPAL-Referenzniveau mit seinen dosisbezogenen Eingreifrichtwerten. Die Werte für das EPAL-Referenzniveau boten eine Chance, sowohl aus fachlicher als auch aus politischer Sicht akzeptabel zu sein, da sie sich an vorhandenen nationalen Eingreifrichtwerten orientierten und in einem Diskurs zwischen Experten aus Behörden von Mitgliedstaaten der Europäischen Union auf dem Verhandlungswege als ein Kompromiss für europaweit einheitliche Werte zu Stande kamen. Während im Oslo-Report der grenzüberschreitende Schutz der Bevölkerung in Notfallexpositionen nach einheitlichen Kriterien aufgebaut war, verwendeten die verschiedenen nationalen Regelwerke, wie die Vergleichsstudien gezeigt hatten, häufig unterschiedliche Größen, d.h. verschiedenartige Strahlungswirkungsgrößen, Dosiskonzepte sowie unterschiedliche Strahlenpegel und Expositionspfade für die Dosisermittlung. Mit dem Oslo-Report lag also ein Notfallschutzkonzept vor, das die Möglichkeit eines überstaatlichen Handlungsrahmens eröffnete, durch den grenzüberschreitend bei einem Kernkraftwerksunfall in vergleichbaren Notfallsituationen dieselben Eingreifrichtwerte und somit dieselben

Schutzmaßnahmen zur Anwendung kommen. Der Oslo-Report bot - zum Zeitpunkt der Befragung als die HERCA-Entscheidung noch ausstand - die Chance für eine europaweite Richtlinie im Sinne einer Empfehlung oder Vorschrift mit bindender Wirkung, sofern er die Anerkennung und Akzeptanz der zuständigen staatlichen Institutionen finden würde.

Da aber die Inhalte des Oslo-Reports fachlich komplex sind, kann man davon ausgehen, dass die verantwortlichen politischen Entscheidungsträger, darunter die Leiter der obersten Aufsichts- und Strahlenschutzbehörden, vor Entscheidungen den Rat ihrer Fachleute einholen. Diese Fachleute, die in Fragen der nuklearen Sicherheit und des Notfallschutzes zur Beratung der Entscheidungsträger hinzugezogen werden, gehören nach den Erfahrungen des Verfassers zu einem vergleichsweise kleinen Kreis von Experten, die auf diesen Gebieten als Mitarbeiter in Ministerien, Fachbehörden bzw. in wissenschaftlichen oder staatlichen Einrichtungen tätig sind und ihre Institutionen oder ihr Land in entsprechenden einschlägigen Gremien internationaler Organisationen vertreten. Diese Experten nehmen durch ihre Beratungsfunktion bei der Frage der Harmonisierung des nuklearen Notfallschutzes eine Schlüsselrolle ein. Daher entstand während der Fertigstellung des Oslo-Reports die Idee, mit Hilfe eines Fragebogens zu überprüfen, ob sich die Experten einig sind und die Vorschläge von EPAL einschließlich der vorgeschlagenen Eingreifrichtwerte zum Schutz der Bevölkerung bei Notfallexpositionen zu unterstützen. So wurden vom Verfasser die Aussagen des Oslo-Reports, inhaltlich unverändert jedoch ohne Verweis auf das Bezugsdokument, in einen umfangreichen Fragebogen eingearbeitet und im Sinne einer Totalerhebung weltweit der Kreis der Experten im nuklearen Notfallschutz schriftlich befragt. Die Einzelheiten der Untersuchung, darunter die Inhalte des Fragebogens und detaillierte Aussagen zu Art, Umfang und Herkunft des befragten Teilnehmerkreises, zur Höhe der Rücklaufquote und Zugehörigkeit der Untersuchungsteilnehmer zu einschlägigen internationalen Gremien sowie insbesondere die umfassenden statistische Auswertungen zu den über 100 Einzelfragen und den zu betrachteten Themenfeldern des Notfallschutzes sind im Anhang[405] wiedergegeben.

In diesem Kapitel sollen, an Stelle von Detailergebnissen der Erhebung, einige Untersuchungsbefunde wiedergegeben werden, die aus der Analyse des Rücklaufs und der Interpretation der im Anhang dargestellten Ergebnisse aus der schriftlichen Befragung resultieren. Während man einerseits bei den über 600 angeschriebenen Experten davon ausgehen kann, dass der weltweit vorhandene Kreis der auf dem Gebiet des anlagenexternen Notfallschutzes tätigen Akteure erfasst wurde, bedarf es einer Erklärung für die geringe Rücklaufquote von knapp 10 Prozent. Zunächst ist zu bedenken, dass die ermittelte Rücklaufquote das Bild nicht vollständig

405 Kapitel 17 und 19

wiedergibt, da aus späteren Gesprächen mit Untersuchungsteilnehmern bekannt wurde, dass einige der 55 ausgefüllten Fragebogen nicht von Einzelpersonen sondern von Expertenteams, z.B. von 3 oder 4 Personen, ausgefüllt wurden. Da die Rücksendung des Fragebogens anonym erfolgen konnte bzw. um die Benennung nur eines Ansprechpartners gebeten wurde, wurde ein Teil der Untersuchungsteilnehmer in der Rücklaufquote nicht erfasst. Andererseits wird zweifellos der extrem umfangreiche und fachlich stark spezialisierte Fragebogen eine nicht unerhebliche Zahl von angeschriebenen Personen abgehalten haben, an der Befragung teilzunehmen. Diese Einschätzung wird dadurch untermauert, dass - wie die Auswertung hinsichtlich der Zielgruppen gezeigt hat - der Fragebogen trotz der vier Monate dauernden Rücklauffrist eher bestimmte Spezialisten mit technischer Ausbildung als Juristen, leitende Behördenmitarbeiter oder Entscheidungsträger angesprochen hat. Ein weiterer Befund, der sich aus der Auswertung des Rücklaufes ergibt, ist die Tatsache, dass zwei Drittel aller Untersuchungsteilnehmer Mitglieder in mindestens einer und die Hälfte aller Untersuchungsteilnehmer in mehr als einer der sechs internationalen Gremien[406] im Notfallschutz aktiv tätig sind. Auffällig ist also die hohe Zahl an Mehrfachmitgliedschaften in diesen internationalen Gremien, was darauf hindeutet, dass die Zahl der nationalen Fachberater für die politischen Entscheidungsträger mit Expertise auf dem Gebiet des Notfallschutzes extrem klein ist und die Staaten immer wieder auf dieselben Personen zurückgreifen, wenn es um die Vertretung ihrer Länderinteressen in diesen Gremien geht.[407] Unter den zurückgesandten Fragebögen wurde analysiert, ob die Gruppenzugehörigkeit der Experten zu bestimmten Gremien mit der Höhe des Zustimmungsgrades zu dem Oslo-Report korreliert. Eine naheliegende Antwort wäre, dass dies für die Mitglieder von EPAL der Fall sein müsse, da der Fragebogen den Oslo-Report wiederspiegelt und dieser das Ergebnis der Verhandlungen in EPAL darstellt. Dieses Ergebnis trifft, wie die Auswertung zeigt, zumindest für alle Untersuchungsteilnehmer zu, die langjährige Mitglieder bei EPAL sind.[408] Auch wenn dieses Ergebnis wegen der kleinen Fallzahl von betroffenen Personen nicht überbewertet werden darf, so scheinen doch die vorliegenden schwachen statistischen Signifikanzen[409] und die ansonsten fehlende Korrelation[410] die Interpretation nahezulegen, dass in der Wissensgemeinschaft bisher kein einschlägiges internationales Gremium existiert, das eine einheitliche grenzüberschreitende Notfallkonzeption (wie im Oslo-Report) vertritt und damit Autorität und Einfluss auf die Entscheidungsfindungen bei nationalen Notfallschutzplanungen ausüben könnte. Wenn eines dieser Gremien künftig dazu in der Lage wäre, dann dürfte, wie die Analyse der Fragebögen zeigt, dies am ehesten bei

406 Tabelle 21
407 Tabelle 22
408 Tabelle 25
409 Tabelle 25
410 Tabelle 24

EU/ECUIRIE sein[411], also bei der aus Vertretern der EU-Mitgliedstaaten bestehenden Arbeitsgruppe, die bei der Europäischen Gemeinschaft für den Informationsaustausch in radiologischen Notsituationen zuständig ist.

Eine Analyse der Rückläufe der 55 Fragebogen ergab, dass die 29 Herkunftsländer[412] der Untersuchungsteilnehmer sich unterscheiden: Es gibt etwa zu gleichen Teilen Kernenergieländer und Nicht-Kernenergieländer, während hinsichtlich der wirtschaftlich-technischen Entwicklung erhebliche Unterschiede bestehen, so dass die vorliegenden unterneinander verschiedenen Rahmenbedingen für das nukleare Notfallmanagement in den betroffenen Staaten in Europa, Asien und Afrika möglicherweise zu Divergenzen in der Bewertung der Experten beigetragen haben. Die Auswertung des Fragebogens ergibt, dass die in dem Oslo-Report wiedergegebenen ca. 100 Statements zu großen Teilen befürwortet werden: Von den Untersuchungsteilnehmern wurde mehr als ca. 5400 mal auf die fachlichen Fragen geantwortet,[413] d.h. jeweils eine Bewertung abgegeben, was einer (hohen) Antwortquote von 85% entspricht. Inhaltlich waren die Antworten so, dass das Verhältnis der Bewertungen der Statements im Oslo-Report zwischen „eher zustimmend“ und „eher ablehnend“ ca. vier zu eins beträgt.[414] Damit haben die 55 Untersuchungsteilnehmer mehrheitlich zustimmend geantwortet und es gab es lediglich drei „Ausreißer“ mit vergleichsweise deutlich geringerer Zustimmung zu den Aussagen des Oslo-Reports.[415] Deren Response könnte sich aus Sicht des Verfassers einzelfallbezogen erklären lassen, wenn auch diese Diagnose (Erklärungen) nicht zwangsläufig zutreffen muss. Da die „Ausreißer“ dem Verfasser gut bekannt sind, könnten als Erklärungen für die kritische Bewertung der Notfallschutzkonzeptes im Oslo-Report folgende Gründe in Frage kommen, die mit individuellen Merkmalen dieser Untersuchungsteilnehmer zusammenhängen: im ersten Fall hat sich die Person nicht unmittelbar beruflich mit dem Thema befasst, im zweiten Fall repräsentiert sie eine staatliche Organisation, die schon im Vorfeld gegen überstaatliche Regelungen im Notfallschutz eingetreten ist, und im dritten Fall liegt die Befassung mit dem Untersuchungsthema schon sehr viele Jahre zurück, so dass anzunehmen ist, dass der Untersuchungsteilnehmer die Entwicklungen des letzten Jahrzehnts (oder mehr) im nuklearen Notfallschutz nicht mitverfolgt hat oder mit dem aktuellen Stand unzureichend vertraut ist. Aus der Analyse des Rücklaufs[416] zu den einzelnen sachbezogenen Fragen (Q1 bis Q104) des Fragebogens lassen sich ein paar Schlüsse zum Meinungsbild der Wissensgemeinschaft ziehen. Die grundsätzliche Frage, ob man einheitliche

411 Tabelle 25
412 Tabelle 26
413 Abbildung 5
414 Abbildung 13
415 Abbildung 14
416 Abbildung 8

Referenzlevel für alle Notfallsituationen festlegen kann (Q12), ist unter Experten vergleichsweise stark umstritten[417], ebenso die Frage, in welcher Beziehung die verschiedenen Konzepte der Intervention, Optimierung und das ALARA-Prinzip zueinander stehen (Q20)[418]. Die Rückäußerungen der Untersuchungsteilnehmer können daher aus Sicht des Verfassers als Indiz dafür gelten, dass in dem Wissensbereich des nuklearen Notfallschutzes in den Fachkreisen, die für die Politikberatung zuständig sind, noch erheblicher Klärungsbedarf besteht. Die Rückläufe erbringen auch Erkenntnis hinsichtlich der Akzeptanz des Referenzniveaus nach EPAL und zeigen auf, dass die von EPAL vorgeschlagen europaeinheitlichen Maßnahmen für Verbleiben in Gebäuden[419], Evakuierung[420] und Jodblockade[421] unterschiedlich gut aufgenommen werden: die quantitative Auswertung[422] des Rücklaufs ergibt, dass die EPAL-Werte für die Maßnahmen Verbleiben in Gebäuden besser als die Maßnahme Evakuierung und die EPAL-Werte bei beiden Schutzmaßnahmen erheblich besser als die für die Maßnahmen Jodblockade angenommen werden[423] Jedoch muss erwähnt werden, dass insgesamt das EPAL Referenzniveau mit den Maßnahmenvorschlägen zu den weniger gut akzeptierten Statements des Oslo-Reports gehören.[424] Dieser Befund stimmt mit der Beobachtung überein, dass die Zustimmungsgrade zu den EPAL-Werten für die drei verschiedenen Maßnahmen mit den entsprechenden Zustimmungsgraden zu den drei zugehörigen Themenfeldern (TF) Sheltering (TF5), Evacuation (TF6) und Thyroid Blocking (TF7) des Oslo-Reports korrelieren[425] und dass das Themenfeld für die Jodblockade am schlechtesten abschneidet. Daraus ergibt sich, dass unter den Experten die größte Uneinigkeit bei der Einleitung der Schutzmaßnahme Jodblockade vorhanden ist und ein erheblicher Klärungsbedarf besonders bei der Frage besteht, welche Eingreifrichtwerte für den Schutz der Bevölkerung vor Radioiod im Ereignisfall eines Kernkraftunglücks angemessen sind. Dabei hat die Klärung dieses Punktes eine sehr große Bedeutung für eine abgestimmte internationale Zusammenarbeit, weil die Wahrscheinlichkeit für den Bedarf eines grenzüberschreitenden abgestimmten Notfallmanagements bei der Jodblockade am ehesten erforderlich ist; denn die

417 Abbildung 8
418 Abbildung 8
419 Tabelle 12
420 Tabelle 13
421 Tabelle 14
422 Abbildung 8 und die dort angegeben Werte für die beiden Parameter hpn bzw. hpn.64 (jeweils dargestellt durch „rote Punkte“ und „grüne Punkte“) für die Fragen Q50 (Verbleiben in Gebäuden), Q57 (Evakuierung) und Q69 (Jodblockade), die jeweils durch ihre Indizes 50, 57, 69 neben den „kleinen Kreisen“ in der Abbildung wiedergegeben sind.
423 Dies ergibt sich aus den in der Abbildung 8 dargestellten Werte der (in der Anlage definierten) Zustimmungsparameter hpn bzw. hpn.64 für die Fragen Q50, Q57 und Q69 lauten 32, 26, 6 bzw. 24.96, 16.4 -1.04.
424 Bringt man die 103 Statements (Q-Fragen) in einer Reihenfolge, die die Rangfolge der Zustimmung wiederspiegelt, so dem lässt sich erkennen, dass die Maßnahmen „EPAL-Jodblockade“ (Q69) nur auf Rang 11, die „EPAL-Evakuierung“ (Q57) auf Rang 35 und „EPAL-Verbleiben in Gebäuden“ auf Rang 53 liegt.
425 Abbildung 17

Größe der Maßnahmengebiete hängt entscheidend von der Höhe der Eingreifrichtwerte ab und aus den Erfahrungen mit bisherigen radioaktiven Freisetzungen als Folge von Reaktorunfällen sowie aus Übungsszenarien ist bekannt, dass das Maßnahmengebiet für eine Jodblocke im Vergleich zu den Maßnahmengebieten für die beiden anderen betrachteten Katastrophenschutzmaßnahmen bei weitem am größten und in der Regel grenzüberschreitend ist. Ein weiterer Befund aus der Auswertung der Fragebögen ergibt sich aus der Bewertung der Statements der neun Themenfelder[426] des Oslo-Reports durch die Untersuchungsteilnehmer, aus dem wiederum hervorgeht, dass generell Statements zu dem gesamten Themenfeld Jodblockade unter den Experten am meisten umstritten sind. So zeigt sich bei der Auswertung aller betrachteten Themenfelder (TF), dass TF1 „Ziel und der Anwendungsbereich (aim and scope)“ des Notfallschutzkonzeptes im Oslo-Report sehr gut angenommen wurde und am anderen Ende die Themenfelder TF7 „Jodblockade (thyroid blocking)“ und TF2 „Referenzlevel (reference level)“ liegen[427], was wiederum in Übereinstimmung mit o.a. Befunden bzgl. der vergleichsweise geringen Zustimmung zu den EPAL-Referenzniveaus und insbesondere zur „EPAL-Jodblockade“ steht.

Aus den Auswertungen der Fragebögen ergibt sich somit zusammenfassend die Erkenntnis, dass sich die Experten in wesentlichen Fragen des internationalen nuklearen Notfallmanagements uneinig sind. Zudem muss festgestellt werden, dass kein anerkanntes und in Fachkreisen akzeptiertes länderübergreifendes Notfallschutzkonzept für die Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen vorliegt und dass sich dieser Sachverhalt mit dem neuen Oslo-Report und dem darin vorgeschlagenen Referenzniveau von EPAL nicht geändert hat. Die Auswertung der Fragebögen gibt Auskunft darüber, dass die Uneinigkeit der Wissensgemeinschaft auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen graduell unterschiedlich und, zum Teil statistisch gesichert, vom jeweiligen Themenfeld abhängt.[428] Die erhobenen Expertenmeinungen zu den Fragen Q001 bis Q101 sind jedoch zu heterogen und es fehlt gerade bei wichtigen Fragen, z.B. welche Spezifikationen der Eingreifwerte für frühe Schutzmaßnahmen bei Notfallexpositionen angemessen sind, der Konsens unter den Experten, die als Berater von Regierungen bei der Notfallplanung und von Entscheidungsträgern beim Notfalleinsatz fungieren. Wegen der Uneinigkeit der Experten in dem Wissensbereich des anlagenexternen Notfallschutzesgilt somit als weiterer Befund, dass derzeit weder eine Wissensgemeinschaft in Form einer Gruppe, eines internationales Gremiums oder eines Netzwerks von Experten existiert,

426 Tabelle 37
427 Abbildung 17
428 Tabelle 38, Tabelle 39, Abbildung 17

das Einfluss auf politische Entscheidungen zu Gunsten einer grenzüberschreitenden Harmonisierung des nuklearen Notfallschutzes nehmen oder gar steuern kann - wie dies beim Weltklimarat IPCC zu einem gewissen Grade der Fall ist, wenn er seine Vorschläge für einen reduzierten Ausstoß von Treibhausgasen präsentiert und auf eine umfassende Energiewende dringt.

Ergänzend zu den sachbezogenen Einzelfragen Q001 bis Q101 wurden im Fragebogen die Experten um ihre Meinung zur künftig erforderlichen Ausrichtung des nuklearen Notfallschutzes gebeten (Q102 bis Q104). Aus den Rückläufen zeigt sich, dass - anders als bei den Fragen Q001 bis Q101 - eine bessere Übereineinstimmung hinsichtlich bestimmter Prioritäten unter den zur Auswahl gestellten Optionen besteht. So lassen sich nach Auswertung des Rücklaufs folgende Befunde festellen:

In dem Fragebogen wurden die Untersuchungsteilnehmer gebeten, vorgegebene Schlüsselthemen (key issues) im Notfallschutz nach ihrer Bedeutung einzustufen. Die Befragung ergibt, dass die Experten die Bewältigung der Frühphase eines nuklearen Unfalls als am wichtigsten ansehen und ein Konsens hierüber wichtiger ist, als die Frage, ob das zugehörige Konzept des Notfallmanagements in der Frühphase international oder national gelöst wird, wenngleich Letzteres präferiert wird.[429]

Als weiterer Befund lässt sich feststellen, dass die Bereiche des Notfallschutzes, die nach Ansicht der Experten international prioritär zu harmonisieren sind, die „Alarmierung“ und den „Maßnahmenkatalog“ betreffen. Welche dieser beiden Bereiche eher zu harmonisieren ist, hängt von der verwendeten Berechnungsmethode ab.[430] Dieses Ergebnis lässt sich so interpretieren, dass den Untersuchungsteilnehmern weniger die internationale Harmonisierung der allgemeinen Notfallplanung wichtig ist. Vielmehr wird in den Expertenkreisen ein international einheitliches Vorgehen bei der Bewältigung (emergency response) gefordert, insbesondere wie beim Kernkraftwerksunfall zu alarmieren und welche Maßnahmen zu ergreifen sind. Somit sind sich die Experten weitgehend einig, dass weitergehende Themengebiete, die in den deutschen Regelwerken z.B. in den Radiologischen Grundlagen und in den Rahmenempfehlungen enthalten sind, im Bezug auf eine internationale Harmonisierung nachrangig sind. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit den Überlegungen der Arbeitsgruppe EPAL, die im Jahr 2007 die Eingreifrichtwerte (action levels) als Schwerpunkt ihrer Harmonisierungsbestrebungen ausgewählt haben, d.h. die Festlegung einheitlicher Kriterien zur Einleitung von Maßnahmen.

429 Tabelle 42, Tabelle 43
430 Tabelle 48

Bei der Frage Q104, auf welchem Gebiet des nuklearen Notfallschutzes der höchste Bedarf an einem internationalem Informationsaustausch besteht, ergibt sich aus den Rückläufen der Fragebögen, dass sich dieser auf die Szenarien der nuklearen und radiologischen Notfälle bezieht. Dieses Ergebnis war im Vergleich zu den anderen Schlüsselthemen nicht so klar.[431] Das Ergebnis der Umfrage stimmt jedoch mit den Erfahrungen des Verfassers überein, dass die Nachfrage in internationalen Expertenkreisen nach geeigneten „best practice"-Unfallszenarien, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und als Grundlagen für nationale Notfallschutz-planungen und -übungen dienen können, groß ist. Die Antworten der befragten Experten, die den Unfallszenarien eine sehr große Bedeutung beimessen, ist nicht unplausibel, da die nationalen nuklearen Notfallschutzkonzepte wesentlich von den Annahmen über die Ursachen von Kernkraftwerksunfällen und, damit zusammenhängend, von den Unfallszenarien abhängen.Wie erwähnt hat sich HERCA den Abschlussbericht von EPAL (und damit die Statements im Oslo-Report) nicht zu eigen gemacht. Auch fand die Erhebung mittels Fragebogen in dem Zeitraum vom 23. November 2010 bis zum 28. Februar 2011 statt, endete also 11 Tage vor dem Beginn des Fukushima-Unglücks. Die Befassung sowohl von HERCA als auch von den Untersuchungsteilnehmern mit den Inhalten des Fragebogens fand in beiden Fällen also vor dem 11. März 2011 (dem Beginn des Fukushima-Unglücks) statt, so dass für alle Akteure damals der letzte schwere Unfall (Tschernobyl) fast ein Vierteljahrhundert zurücklag. Damit bleibt offen, ob zwischenzeitlich unter dem Einfluss der Erfahrungen in Fukushima Änderungen in den Bewertungen der Statements in dem Fragebogen durch die Experten, die als Politikberater tätig sind, stattgefunden haben. Zweifellos hat das Thema durch den Reaktorunfall von Fukushima und den offenkundig grenzüberschreitenden Charakter schwerer nuklearer Unfälle seither erheblich an politischer Bedeutung gewonnen und es gibt bei den Regierungen insbesondere der Mitgliedstaaten der Europäischen nunmehr auch aus Sicht der Politik einen erhöhten Regelungsbedarf für ein harmonisiertes Vorgehen beim nuklearen Notfallschutz.

Auch die internationalen Institutionen (IAEA, NEA, EU-Kommission, ICRP, UNSCEAR) befassen sich seit dem Fukushima-Unfall verstärkt in Studien und Forschungsergebnissen mit dem nuklearen Notfallschutz und überarbeiten die von ihnen auf diesem Gebiet herausgegebenen Vorschriften, Empfehlungen und Regelungen im Lichte der Erkenntnisse von Fukushima. Unter diesen neuen Dokumenten ist eine Studie der Europäischen Kommission zum aktuellen Stand der nationalen Vorkehrungen zum nuklearen Notfallschutz in Europa,[432] die im Jahr 2013 in Auftrag gegeben und deren Ergebnisse Mitte Januar 2014 veröffentlicht wurde, d.h. zu einer Zeit, die nach

431vgl. Abbildung 20
432 European Commission 2013a, 2013b, 2013c

der Abfassung der Auswertungen des Fragebogens liegt und sich zeitlich mit der Beendigung der vorliegenden Arbeit deckt. Diese Studie unter der Bezeichnung „Review of the Current Off-site Nuclear Emergency Preparedness and Response Arrangements“ dokumentiert, dass Befunde, die sich aus der Auswertung der in dieser Arbeit behandelten Vergleichsstudien aus den Jahren 2003, 2008 und 2010 ergaben, weiterhin zutreffen. So weichen die nationalen Eingreifrichtwerte (dose criteria)[433] für die betrachteten Schutzmaßnahmen als auch die Planungsgebiete[434] zur Vorbereitung dieser Schutzmaßnahmen in den Ländern Europas erheblich voneinander ab mit dem Ergebnis, dass das Schutzniveau auch heute noch, d.h. mehr als 3 Jahre nach dem Fukushima-Unglück, für die Bevölkerungen in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union unterschiedlich und aus Sicht des Verfassers in den meisten Fällen bei Kernkraftunfällen mit erheblichen radiologischen Auswirkungen unzureichend ist. Auch bestehen weiterhin für den nuklearen Notfallschutz keine harmonisierten internationalen sondern lediglich nationale Regelungen, die zum Teil als Ergebnis des Erfahrungsrückflusses aus dem Reaktorunfall von Fukushima überarbeitet wurden, wie jüngste Entwicklungen zeigen. So hat in Deutschland inzwischen die Strahlenschutzkommission als Beratergremium des Bundesumweltministeriums auf der Basis der gültigen nationalen Eingreifrichtwerte und unter der Annahme eines schweren Unfalls der Größenordnung von Fukushima (INES 7) eine erhebliche Ausweitung der bisherigen Planungszonen für die sofortigen Katastrophenschutzmaßnahmen empfohlen[435], dem sich das für die Strahlenschutzvorsorge verantwortliche Bundesumweltministerium und die für den Katastrophenschutz zuständige Länderinnenministerkonferenz angeschlossen haben. Demnach sind im Einzelnen für die Notfallschutzplanung bei Kernkraftwerksunfällen die Maßnahmen Verbleiben in Gebäuden (Sh), Evakuierung (Ev) und Jodblockade (Jb) für bestimmte Zonen in der Umgebung von Kernkraftwerken im Leistungsbetrieb vorzusehen, wobei der Umfang der Planungen von der jeweiligen Zone abhängt. Im Einzelnen sind dies Sh, Ev und Jb in der Zentralzone, die von 2 km auf 5 km ausgeweitet wurde, Sh, Ev und Jb in der Mittelzone, die von 10 km auf 20 km ausgeweitet wurde, Sh und Jb in der Außenzone , die von 25km auf 100 km ausgeweitet wurde, sowie die Vorbereitung der Jb für Kinder und Jugendliche im gesamten Bundesgebiet. Diese Planungsmaßnahmen gelten in Zukunft nur für das deutsche Staatsgebiet, nicht jedoch für die Nachbarstaaten, in denen in der Regel erheblich kleinere Planungsgebiete vorgesehen sind, so dass auch aktuell (2014) widersprüchliche nationale Notfallschutzkonzepte für den Schutz der Bevölkerung in der Europäischen Union existieren. Es bedarf also dringend einer politischen Steuerung und entsprechender Vorschläge für EU-weite Notfallschutzregelungen, die

433 European Commission 2013b:92-98
434 European Commission 2013b:83-87
435 Strahlenschutzkommission 2014

als Bausteine eines Nuclear Safety Regimes dienen können und ein einheitliches staatenübergreifendes nukleares Notfallmanagement im Ereignisfall in Europa ermöglichen.

8. Fukushima und die Folgen

Der Reaktorunfall von Fukushima wurde in den vorhergehenden Kapiteln erwähnt, da es Querverbindungen zu anderen Themen und Parallelen zu Unfallabläufen und Auswirkungen von früheren Reaktorkatastrophen gibt. In diesem Kapitel werden weitere Befunde zum Fukushima-Unfall vorgestellt, Analysen zu Mängeln und Verbesserungsbedarf im Notfallmanagement von Kernkraftwerksunfällen gegeben und erste Schussfolgerungen gezogen.

8.1 Befunde zum Fukushima-Unglück

In diesem Abschnitt werden Schwachstellen und weitere Befunde zu dem Fukushima-Unglück betrachtet, ohne damit eine Rangfolge zu verbinden. Ein Teil dieser Befunde ist nicht spezifisch für das Fukushima-Ereignis und nicht neu: schon vor Jahren wurden die zugehörigen Defizite diskutiert[436] und deren Behebung als „künftige Aufgaben“ identifiziert,[437] darunter z.B. die fehlende internationale Harmonisierung im anlagenexternen Notfallschutz. Fukushima hat erneut gezeigt, dass ein mangelndes Wissen weiter Teile der Bevölkerung über Strahlenbelastungen und Risiken festzustellen ist, die mit ionisierender Strahlung und Radioaktivität verbunden sind. Dies trifft für das Unfallland Japan gleichermaßen zu wie für andere Länder, z.B. Deutschland.

In Nordosten Japans gibt es, wie nach dem Tsunami am 11. März 2011 ersichtlich wurde, mehrere in gleicher Weise gefährdete Kernkraftstandorte wie Fukushima. Insbesondere in dieser Situation, d.h. in der Anfangsphase eines drohenden bzw. eintretenden Notfalls mit nicht unerheblichen Strahlenexpositionen der Menschen und radioaktiven Kontaminationen der Umwelt, fand eine unzureichende Informationspolitik und Öffentlichkeitsarbeit der Behörden statt. Während des Unfallablaufs in Fukushima wurden unterschiedliche Vorstellungen von Behörden und Experten über Werte in Notfallsituationen (Grenzwerte, Richtwerte und langfristige Zielwerte, mit Maßnahmen verbundene Eingreifrichtwerte) offenkundig, sowohl was den Zweck als auch die Höhe dieser Werte betrifft. Es gab während der Fukushima-Krise (weltweit) unterschiedliche und teilweise inkonsistente nationale Richtlinien für Maßnahmen, um die Unfallauswirkungen bei schweren Kernkraftwerksunfällen zu minimieren. Dies führte zu unkoordiniertem und

436 Z.B. im Rahmen des Leopoldina-Symposiums über Strahlenforschung im April 2007
437 Kuhlen 2008: 80–81

widersprüchlichem Vorgehen sowie zur Durchführung inkonsistenter Maßnahmen durch staatliche Stellen. Die Interessenlagen der involvierten Akteure in Politik, staatlichen Behörden, internationalen Organisationen und beratenden Institutionen (technische Sicherheitsorganisationen und wissenschaftliche Einrichtungen) waren nicht gleichgerichtet. Diese Unterschiede führten teilweise zur Verwirrung in der Bevölkerung, etwa wenn - wie nach dem Reaktorunfall von Fukushima geschehen - einzelnen Staaten ihren Staatsbürgern in Japan andere Verhaltensweisen und Schutzmaßnahmen empfahlen als die zuständigen japanischen Behörden. Zu den Faktoren, die zu Verwirrung und Vertrauensverlusten in Japan und somit zu einer Verschlimmerung der Situation der betroffenen Bevölkerung geführt haben, gehören im Unfallland die unzureichenden, fehlerhaften oder sich widersprechenden Maßnahmen der japanischen Behörden und die unterschiedliche Bewertung der Sicherheitslage in den Medien.

Es wurden während der Fukushima-Unglücks Einschätzungen der radiologischen Lage und daraus abgeleitete Maßnahmenempfehlungen ausländischer Behörden für deren Staatsbürger im Unfallland veröffentlicht, die im Widerspruch zu den Aussagen der zuständigen japanischen Behörden standen.[438] Beispiele hierfür sind die widersprüchliche Einschätzung der erforderlichen Größe einer Sicherheitszone um das zerstörte Kernkraftwerk in Japan, die massive Kritik US-amerikanischer Behörden an der Evakuierungspolitik der japanischen Behörden sowie die Maßnahmenempfehlung der US-Botschaft in Tokio für amerikanische Staatsbürger, die offensichtlich im Widerspruch zu den offiziellen Maßnahmen des Unfalllandes standen. So schreibt der Berater des US-Präsidenten Jeffrey Bader in seinen Erinnerungen[439] „*We had to decide whether to declare a larger evacuation zone around Fukushima than Japan did. Modeling conducted by the NRC and the DOE indicated that an evacuation zone of 50 miles would be more consistent with U.S. standards than the Japanese zone of 12 miles, so the administration recommended that all U.S. citizens in the 50-mile zone leave. The discrepancy attracted unwelcome attention and subjected the Japanese government to some criticism. Of course it was considerably easier for us to err on the side of caution, since we had almost no Americans in the area and no responsibility to house or take care of them once they departed, whereas the Japanese had several million people there, all of them the government's responsibility if they moved*." [440] Ein weiteres Beispiel für widersprüchliche Maßnahmen beim Fukushima-Unglück war die Jodblockade für schwedische Staatsbürger in Japan, die von den Maßnahmenempfehlungen aller anderen Länder abwich.[441] So hat Schweden als einziges Land seinen Staatsbürgern, die sich in

438 Nuclear Energy Agency 2011
439 Bader 2012
440 Bader 2012
441 Siehe die Internet Seite der Schwedischen Strahlenschutzbehörde (Swedish Radiation Safety Authority 2012)

der Entfernung bis 250 km während des Fukushima-Unglücks vom verunfallten Reaktor aufgehalten haben, die Verteilung von Jodtabletten durchgeführt und empfohlen, diese einzunehmen.

Unter Bezugnahme auf den offiziellen Bericht[442] der unabhängigen Untersuchungskommission für das japanische Parlament (National Diet of Japan) muss festgestellt werden, dass die zuständigen Stellen beim Reaktorunfall von Fukushima und allgemein im Krisenmanagementsystem von Nuklearunfällen versagt haben. Dieses Versagen betrifft viele Gebiete: sowohl die vorbereitende Planung und die Implementierung als auch die Zuordnung der Rollen und Verantwortlichkeiten im nuklearen Notfallmanagement.

8.2 Nachdenken über Kernenergienutzung und Notfallschutzkonzepte für das Krisenmanagement

Der so nicht vorausgesehene Unfall im Kernkraftwerk Fukushima I hat weltweit zu neuem Nachdenken darüber geführt, ob die Kernenergienutzung verantwortlich weitergeführt werden kann und inwieweit die bisherigen Konzepte und Pläne zur Reaktorsicherheit und zur Bewältigung einer Reaktorkatastrophe und ihrer Folgen ausreichend sind. Zu den Herausforderungen im „Krisenmanagement nach Fukushima und Tschernobyl“ aus Sicht des Bundesumweltministeriums liegt ein Bericht des Verfassers vor.[443] In diesem Bericht werden „*bekannte offene Punkte [..] vor Fukushima*“, „*Konsequenzen für das Krisenmanagement nach Fukushima*“ sowie die zum Zeitpunkt des Berichts, d.h. ca. sechs Monate nach dem Beginn des Fukushima-Unglücks (11.03.2011), gestarteten Initiativen und Aktivitäten im Rahmen gezogener Lehren *(„*lessons learned*“)* erwähnt. Wesentliche Erkenntnisse und Fakten zu Fukushima bis zum März 2012 (einschließlich des Unfallablaufs, der radiologischen Folgen und Schutzmaßnahmen sowie der weiteren Planungen zur Bewältigung der Unfallfolgen) hat die GRS in einem Bericht[444] zusammengefasst.

In Deutschland hat als unmittelbare Konsequenz aus dem Fukushima-Unglück eine Neubewertung des mit der Nutzung von Kernkraft verbundenen Risikos und in der Folge ein parteiübergreifender Konsens für einen Atomausstieg und eine beschleunigte Energiewende stattgefunden. Ziel ist ein schrittweiser Ausstieg aus der Nutzung der Kernkraft bis zum Jahr 2022 und ein fast vollständiger Umstieg auf erneuerbare Energien bis 2050. Durch Beschlüsse von Kabinett, Bundestag (Entscheidung vom 30.06.2011) und Bundesrat sowie durch Novellierung des Atomgesetzes nach

442 Vgl. die englisch-sprachige Zusammenfassung Kurokawa et al. 2012: 18–19
443 Kuhlen 2011
444 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a

„Art. 1 Dreizehntes ÄndG vom 31.07.2011“ [445] wurde durch die Bundesregierung aus Anlass des Fukushima-Unglücks eine „atompolitische Kehrtwende“ eingeleitet. Die mit den Energieversorgungsunternehmen vertraglich vereinbarte Laufzeitverlängerung wurde rückgängig gemacht, acht ältere Kernkraftwerke dauerhaft abgeschaltet und im Atomgesetz ein Zeitplan für die Berechtigung zum Betrieb von Leistungsreaktoren bestimmt (§ 7 AtG), nach dem die übrigen neun Kernkraftwerke jeweils spätestens Ende 2022 dauerhaft abzuschalten sind. Auch in anderen Ländern ist nach dem Reaktorunfall von Fukushima ein nationaler Atomausstieg mittelfristig vorgesehen oder wird (z.B. in Japan) längerfristig in Betracht gezogen. So haben von den acht kernkraftbetreibenden Ländern in der Europäischen Union (Frankreich, Großbritannien, Deutschland, Schweden, Spanien, Belgien, Finnland und die Niederlande) zwei Länder (Belgien bis 2015, Deutschland bis 2022) den Ausstieg beschlossen. Zudem hat die Schweiz den Atomausstieg bis ca. 2034 vorgesehen.

Der Atomausstieg dürfte keine unmittelbaren Auswirkungen auf den Notfallschutz in Deutschland haben, jedoch könnte sich eine schleichende Gefährdung der nuklearen Sicherheit durch Kompetenzverlust bei Betreibern und Aufsichtsbehörden und durch den Rückgang der Sicherheitskultur einstellen. In der Folge davon könnte der Wille zur Verbesserung der Notfallvorsorge bei kerntechnischen Unfällen schwinden und die Bereitschaft sinken, zu einer Harmonisierung von Grenzwerten im Notfallschutz auf möglichst hohem Schutzniveau beizutragen. Eine hohe Sicherheitskultur und der Kompetenzerhalt auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit sind aber gerade nach der Entscheidung zum Atomausstieg unabdingbar. Nach Bürger bleibt die „*Notwendigkeit, sich um eine Verbesserung der Sicherheitskultur zu kümmern, […] auch nach dem Entschluss zum Atomausstieg bestehen. Bei Restlaufzeiten von rund zehn Jahren wäre es fahrlässig, Mängel nicht zu beheben. Die Herausforderung, die Standards hoch zu halten, ist mit der Ausstiegsperspektive eher größer geworden*“ .[446] Die mangelnde Sicherheitskultur auf Behörden- und auf Betreiberebene und nicht ein unkalkulierbares Sicherheitsrisiko ist nach Auffassung der vom japanischen Parlament eingesetzten Untersuchungskommission die wesentliche Ursache für den Reaktorunfall von Fukushima, die vorhersehbar war und hätte verhindert werden können:[447] “*The Commission found that the actual relationship lacked independence and transparency, and was far from being a “safety culture*”.[448] “*Prior to the accident, the regulatory bodies lacked an organizational culture that prioritized public safety over*

445 Ziegler 2011: 11–83 (mit Verweis auf BGBl. I S. 1704)
446 Bürger et al. 2011
447 „Der Unfall wäre vorhersehbar gewesen und hätte verhindert werden können […]. Die Kommissionsmitglieder schreiben die Unfallursache nicht dem unkalkulierbaren Restrisiko zu. Sie kritisieren vielmehr die mangelhafte Sicherheitskultur auf Behörden wie auch Betreiberebene“ (Nuklearforum 2012a: 18).
448 Kurokawa et al. 2012: 43

their own institutional wellbeing, and the correct mindset necessary for governance and oversight." [449] Der Betreiber des Kernkraftwerks Fukushima, TEPCO, hat eingeräumt, Naturgefahren verharmlost und lange vor dem Unfall gewusst zu haben, dass Verbesserungen von Sicherheitsvorkehrungen notwendig waren.[450] So heißt es in einer Stellungnahme von TEPCO zu den eigenen Versäumnissen im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall in Fukushima: *„Based upon a profound remorse for the Fukushima nuclear accident, pride and overconfidence in the traditional safety culture and measures has been discarded and we are resolved to reform of management culture"*.[451]

Beim Fukushima-Unglück wurden in den ersten Tagen „*aufgrund von Explosionen, Druckentlastungen (Ventings) […] erhebliche Mengen radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt*", die jedoch „*am Standort u.a. durch die Explosionen messtechnisch nicht erfasst werden*" konnten.[452] Daher sind bei der Festlegung von Grenzwerten im Notfallschutz die Abschätzungsmethoden für luftgetragene Freisetzung von Radioaktivität auf Anwendbarkeit kritisch zu überprüfen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass möglicherweise – wie in Fukushima geschehen – in den ersten Tagen des Unfalls Messdaten aus der Umweltüberwachung nicht verfügbar sind. Diese spielen aber als Eingangsdaten für die atmosphärische Ausbreitungsrechnung und Dosisabschätzung sowie für die Bestimmung des zeitlichen und räumlichen Verlaufs der Ortsdosisleistungen eine bedeutende Rolle.[453] Auch hat das Fukushima-Unglück gezeigt, dass der Kenntnisstand über die havarierten Blöcke des Kernkraftwerks in der Frühphase und, darüber hinaus, über einen langen Zeitraum nicht hinreichend genau bekannt war. Als Folge der fehlenden Anlagendaten konnten keine Rückschlüsse auf den sogenannten Quellterm[454], d.h. die Aktivitätsmenge bzw. die Art und Menge der freigesetzten radioaktiven Stoffe, gezogen werden.

Die für das Notfallmanagement dringend notwendige quantitative Abschätzung der Gesamtfreisetzung von Leitnukliden lag in der Anfangsphase des Fukushima Unfalls nicht vor. Die französische Strahlenschutzbehörde hat eine erste Grobabschätzung des Quellterms elf Tage nach Unfallbeginn vorgelegt[455] und die weltweit erste Abschätzung der Strahlenbelastung der

449 Kurokawa et al. 2012: 44
450 Nuklearforum 2012b
451 TEPCO 2012
452 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 29
453 Strahlenschutzkommission 1996
454 Unter einem *Quellterm* (Nuklidvektor) versteht man im Zusammenhang mit Kernkraftunfällen das freigesetzte Aktivitätsinventar, d.h. Art und Umfang der freigesetzten Radionuklide und deren Freisetzungsbedingungen: „*Der Quellterm beschreibt die Freisetzung und ihre Charakteristika (Umfang, Beginn, Verlauf, Freisetzungshöhe, thermische Energie, Radionuklidvektor)*" (Strahlenschutzkommission 2004c: 79).
455 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire 2011a

japanischen Bevölkerung 28 Tage nach Unfallbeginn veröffentlicht, die sich in Folge der externen Strahlenexposition als Dosis, aufintegriert über ein Jahr,[456] ergibt. Weitere radiologische Lagedarstellungen mit Dosisabschätzungen wurden 38 Tage nach Unfallbeginn durch das amerikanischen Energieministerium[457] und 44 Tage nach Unfallbeginn durch das japanische Technologieministerium MEXT veröffentlicht.[458] Folglich muss, wie das Fukushima-Unglück gezeigt hat, mit einer Zeitspanne von ein bis zwei Monaten gerechnet werden, bis konsistente und genügend zuverlässige Abschätzungen der Prognosen für die Strahlenexposition der Bevölkerung vorliegen, die zumindest den Zeitraum von einem Jahr nach Beginn der Freisetzungen radioaktiver Stoffe umfassen. Diese relativ lange Zeitspanne bis zur ersten zuverlässigen Prognose der Dosisgrößen, die zur Beantwortung der Frage, ob der neue ICRP-Referenzwert (100 mSv „residual dose“ als über ein Jahr integrierte Dosisleistung) eingehalten werden kann, ist zu bedenken, wenn bei der Planung von Notfallmaßnahmen nach belastbaren Annahmen gefragt wird. Insbesondere sind Katastrophenschutzmaßnahmen gerade in der Frühphase eines Unfalls erforderlich, so dass Eingreifrichtwerte entweder allein auf Grund des Anlagenzustandes oder auf einer Festlegung von „neuen Dosiswerten“ beruhen sollten. Es wird vorgeschlagen, diese „neuen Dosiswerte“ international so festzulegen, dass sie einen Kompromiss zwischen „projected doses”[459] (wie bisher in Deutschland) und Dosiswerten darstellen, die an Stelle sehr konservativer Abschätzungen auf „realistischeren“ Berechnungen beruhen, d.h. die Annahme bestimmter Schutzfaktoren (etwa beim Verbleiben in Gebäuden) berücksichtigen.

Bei der radiologischen Lagebeurteilung im Fall Fukushima hat sich gezeigt, dass es wichtig ist, bei bestimmten Fragestellungen im Zusammenhang mit der Festlegung von Eingreifrichtwerten das Vorhandensein von Schutzfaktoren zu unterstellen. Würde man, entsprechend dem deutschen Regelwerk, „extrem konservativ“ rechnen, käme man zu Empfehlungen von unnötig harten Schutzmaßnahmen (z.B. großflächige Evakuierungen) für die Bevölkerung. Die nach dem deutschen Regelwerk durchgeführte Berechnung der „projected dose” hätten als Maßnahmenempfehlung zur Folge, dass die Großstadt Tokio hätte evakuiert werden müssen. Der Grund für dieses Rechenergebnis[460] liegt in der sehr konservativen Berechnungsweise mit für den konkreten Fall völlig unrealistischen Annahmen, die zu einem „worst case“ führen: eine exponierte Referenzperson, die sich eine Woche lang im Freien aufhält, sowie unwahrscheinliche

456 Gemeint ist hier das „Zeitintegral der Dosisleistung über den Zeitraum von einem Jahr nach Beginn der Freisetzungen radioaktiver Stoffe (Unfallbeginn)“, vgl. Kapitel 12.1Dosisbegriffe.

457 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire 2011a: 10

458 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire 2011: 11

459 Zu den Dosisbegriffen siehe im Anhang Kapitel 12.1

460 Der Verfasser erhielt im Rahmen seines Aufenthalts in Tokio zur Unterstützung der Deutschen Botschaft in Japan Mitte März 2011 die Information über das Ergebnis dieser Rechnungen während der kritischsten Phase der Fukushima-Katastrophe (Kuhlen 2011a).

Wetterbedingungen (Windrichtung von Fukushima direkt nach Tokio und Niederschlag beim Eintreffen der Wolke in Tokio). Nach den Erinnerungen eines hochrangigen US-Diplomaten und früheren Botschafter der USA, der zur Zeit des Fukushima-Unglück Berater des US-Präsidenten für Ostasien war[461], scheint es damals während der akuten Phase des Fukushima-Unglücks auch in den USA für Experten schwierig gewesen zu sein, mittels „realistischer Rechnungen" nachzuweisen, dass die Bevölkerung in Tokio seinerzeit nicht gefährdet war.[462]

8.2.1 Japanische Maßnahmen zur Bewältigung der Folgen des Fukushima-Unfalls

Das Katastrophenmanagement beim Fukushima-Unglück hat deutlich gemacht, dass es zweckmäßig ist, Grenz- bzw. Eingreifrichtwerte zu haben, die dosisunabhängig sind und allein von der Einschätzung des zu erwartenden Anlagenzustandes abhängen. In dieser Weise wurde in Japan während des Fukushima-Unglücks vorgegangen. So wurden „*ab dem Zeitpunkt, zu dem damit zu rechnen war, dass es wegen der fehlenden Kühlung der Reaktorkerne zu Druckentlastungen (Ventings) und damit zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe kommen könnte, […] Maßnahmen angeordnet und durchgeführt*".[463] In dem 20 km-Radius um Fukushima waren ca. 70.000 Personen, darunter 9.500 Kinder und Jugendliche unter 15 Jahren betroffen.[464] Die Evakuierung am 12. März 2011 fand zeitgleich mit den „*vorbereitenden Arbeiten für eine Druckentlastung des Containments*" auf der Anlage statt und am 12. März 2012 um 9:00 Uhr war die Evakuierung „*so weit fortgeschritten, dass mit der Druckentlastung des Containments begonnen werden konnte*".[465] Diese Maßnahmen betrafen:[466] die „unmittelbare Evakuierung" der Bevölkerung am 11.03.2011 um 20:50 Uhr in einem 2 km-Radius um Fukushima und am 12. März 2011 abends in einem 20 km-Radius um Fukushima, den „Aufenthalt in Gebäuden" für die Bevölkerung in einem 30 km–Radius (außerhalb der bestehenden 2 km-Evakuierungszone) um Fukushima in dem Zeitraum vom 15.03. bis 22. April 2011, die Einrichtung einer Flugverbotszone im 30 km-Radius und die Räumung in küstennahen Gewässern im 10 km-Radius.

Für die Maßnahme Evakuierung in Japan hat es, im Unterschied zu den Notfallschutzkonzepten in Deutschland und anderen Staaten Europas, drei verschiedenartige Evakuierungsgebiete gegeben: „restricted area" (wie in Europa), „evacuation-prepared area in case of emergency" und

461 „Senior director for East Asian affairs on the National Security Council"
462 Vgl. Bader 2012
463 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 40
464 Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire 2011: 4
465 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 12–13
466 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 40

„deliberate evacuation area".[467] Die restricted area ist ein Sperrgebiet und es gilt wie in den Evakuierungszonen in Europa ein striktes Aufenthaltsverbot. Möglichkeiten, zu einem späteren Zeitpunkt die restricted area kurzzeitig zu betreten, wurden der betroffenen Bevölkerung außerhalb des 3 km-Radius eingeräumt.[468] Die evacuation-prepared area in case of emergency war das Gebiet im 30 km-Radius um Fukushima, in dem die Maßnahmen Aufenthalt in Gebäuden und die Vorbereitung auf eine möglicherweise bevorstehende Evakuierung für den Zeitraum 15. März bis 22. April 2011 angeordnet waren. Die deliberate evacuation area ist das Gebiet außerhalb des 20 km-Radius, in der „*eine jährliche Strahlenexposition von über 20 mSv erwartet wurden*". Dieses Gebiet (Iitate, Katsurao) liegt im Nordwesten von Fukushima und hat eine maximale Entfernung von ca. 50 km vom havarierten Kernkraftwerk.[469] Die beiden erstgenannten Evakuierungsgebiete (restricted area, evacuation-prepared area in case of emergency) wurden als frühe Maßnahmen zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung auf Grund der Lagebeurteilung der havarierten Anlage Fukushima Daiichi eingerichtet, da radiologische Auswirkungen auf die Umgebung nicht ausgeschlossen werden konnten. Dieses Vorgehen in Japan ist weitergehend als die Umsetzung des in den deutschen Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz für schnell ablaufende Unfallereignisse vorgesehenen „Schlüsselloch-Prinzips": „*Bei schnell ablaufenden Ereignissen werden die Zentralzone und angeschnittenen Ortschaften in Ausbreitungsrichtung als gefährdetes Gebiet festgelegt*".[470] Die (ad hoc festgelegten) Dosiskriterien für die deliberate evacuation area in Japan lauten "*Area with concern that a cumulative dose might reach 20 mSv within 1 year period after the accident. Residents were requested to evacuate in a planned manner (approx. within 1 month)*".[471] Sie sind erheblich strenger als die EPAL-Eingreifrichtwerte für die langfristige Umsiedlung („100 mSv äußere Exposition in einem Jahr durch abgelagerte Radionuklide"). Auch bestehen Unterschiede in dem Zeitpunkt der Maßnahmenumsetzung, die in Japan nicht unmittelbar sondern innerhalb etwa eines Monats nach Überschreiten des Prognosewertes (in Höhe von 20 mSv Jahresdosis) vorgesehen ist. Dieser Prognosewert als Kriterium für die deliberate area in Japan ist am ehesten mit dem unteren Wert des Intervalls (von 20mSv bis 100 mSv im ersten Jahr nach dem Unfall) für „reference

467 Vgl. die Abbildung „Evakuierung und Sperrzonen um Fukushima Daiichi (13.08.2011)" in Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 41.
468 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 40
469 Vgl. Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 41 (Abbildung „Evakuierung und Sperrzonen um Fukushima Daiichi (13.08.2011)")
470 Strahlenschutzkommission 2009c: 75
471 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 41

levels" nach ICRP vergleichbar: „*Reference levels for the highest planned residual doses in emergency situations are typically in the 20 mSv to 100 mSv band of projected doses*".[472]

Auf Grund der Erfahrungen bei der Bewältigung des Reaktorunglücks von Fukushima, die im Zusammenhang mit den japanischen Evakuierungsentscheidungen gemacht wurden, muss kritisch geprüft werden, ob für die temporäre und insbesondere für die langfristige Umsiedlung die von EPAL vorgeschlagenen Werte weiterhin adäquat sind bzw. ob die derzeit gültigen deutschen Eingreifrichtwerte nicht zu hoch sind. Die Definition bzw. das Kriterium für die „Evacuation-prepared Area in case of emergency"[473] ist wegen der Wahlfreiheit für die Bevölkerung, zu bleiben oder zu gehen, aus Sicht des Verfassers kritisch zu sehen; Denn für die in diesen Gebieten verbleibenden Restbevölkerung gibt es wegen der vorhandener „hot spots"[474] und der möglichen radiologischen Situationen zwei Probleme: die Restbevölkerung muss ganz oder teilweise mit Unterstützung von Hilfskräften versorgt werden und aus Schutz vor zu hohen Strahlenexpositionen (möglicherweise inakzeptabel) lange Zeiträume in ihren Häusern verbleiben.

Die Schutzmaßnahme Jodblockade war beim Fukushima-Unglück wegen offensichtlicher Managementfehler bei der Krisenorganisation im Ergebnis erfolglos verlaufen, denn die Kombinationen der Maßnahmen Evakuierung und Jodblockade waren nicht miteinander abgestimmt: Am 16. März 2011 "*wurden die lokalen Behörden angewiesen, Einwohner bei der Evakuierung aus der 20 km-Zone aufzufordern, Jodpräparate mit stabilem Jod einzunehmen, um die Aufnahme von radioaktivem Jod zu unterbinden. Da die Evakuierung zum Zeitpunkt der Anweisung bereits abgeschlossen war, wurden von den Einwohnern jedoch keine Jodpräparate eingenommen.*"[475] Als Erfahrungsrückfluss sind daher die derzeit gültigen Referenzwerte bzw. Maßnahmenempfehlungen darauf hin zu überprüfen, ob nicht regelmäßig eine Maßnahmenkombination zweckmäßig ist, die darin besteht, dass im Falle einer Anordnung zur Evakuierung wegen einer (drohenden) größeren Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Kernkraftwerk zeitgleich auch die Maßnahmenempfehlung Jodblockade erfolgt. Im Rahmen dieser Überprüfung ist zu berücksichtigen, dass vorrangig medizinische Aspekte eine Rolle spielen, zu denen die Fragen der Nebenwirkungen (allergische Reaktionen, jodbedingte Schilddrüsenüberfunktion, Überempfindlichkeit gegen Jod), und der richtige Zeitpunkt der Einnahme der Jodtabletten gehören.

---

472 ICRP/BfS 2007: 109

473 „area where a response of 'stay in-house' or evacuation is required in case of emergency" Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 41

474 „Hot spots" sind begrenzte Bereiche höherer Kontamination (Grupen et al. 2008: 132).

475 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 40

8.2.2 Politische Folgen bzgl. der Nutzung der Kernenergie

Während Deutschland und andere Staaten nach dem Fukushima-Unglück einen Atomausstieg angekündigt bzw. in die Wege geleitet haben, war es im Fall des Tschernobyl-Unglücks 1986 nur Italien, das einen vollständigen Atomausstieg durchgeführt hat.

Die Nutzung der Kernenergie ist international weitgehend umstritten und die Ablehnung der Kerntechnik hat, wie erwähnt, viele Ursachen, von denen besonders häufig genannt werden: die Sicherheitsbedenken sowie die Angst vor dem nuklearen Risiko und dem Proliferationsrisiko, das enttäuschte Sicherheitsvertrauen in die Kernenergie nach schweren Reaktorunfällen, das erschütterte Vertrauen der Öffentlichkeit in die Zuverlässigkeit von Personen und Institutionen, denen die atomrechtliche Genehmigung zum Umgang mit Kernbrennstoffen und der Betrieb von kerntechnischen Anlagen erteilt wurde, sowie das wegen des Langzeitrisikos von vielen als problematisch angesehene Atommüllproblem und die mangelnde Akzeptanz der Bevölkerung bei der Auswahl von Standorten für Zwischen- und Endlager.

Exemplarisch für das erschütterte Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Nuklearindustrie in Deutschland war der sogenannte Transnuklear-Skandal, d.h. die „*1987 bekannt gewordene[n], mit Korruption verbundene[n] Vorgänge im Bereich des Atommülltransports …[und die] über Jahre hinweg durch die deutsche Transportfirma Transnuklear/Hanau praktizierte rechtswidrige Verschiebung falsch deklarierte radioaktiver Abfälle* “.[476] Der Widerstand in der Bevölkerung und mangelnde politische Akzeptanz selbst bei kleineren kerntechnischen Anlagen sind auch im Ausland vorhanden. So sieht z.B. Bodansky Hemmnisse für den Bau von Zwischenlagern (interim storages): “*The key problems that have made it difficult to provide adequate interim storage arise from the difficulties of gaining political acceptance for such arrangements by the potentially affected publics, and from the complex web of legal and institutional constraints related to management of spent fuel and nuclear wastes*”.[477]

Findlay nennt als Hemmnisse (constraints) im Wesentlichen ökonomische Gründe gegen eine positive kommerzielle Entwicklung der Kernenergie in den Staaten. Diese Sicht wird jedoch nicht von allen Experten geteilt, denn die Kosten für den Bau und Betrieb der Anlage, für den Brennstoff sowie die Einbeziehung externer Kosten wie Stillstand und Entsorgung werden bei dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Energieträger häufig unterschiedlich und sehr kontrovers beurteilt: „*Many of the factors are matters of controversy, most obviously the*

476 Bender/Sparwasser 1988: 90
477 Bodansky 2004: 257

question of the economic feasibility of new nuclear build …".[478] So bezeichnet Rubner die vielfach getroffenen Aussagen „*Kernenergie ist viel teurer als andere Energiequellen" und Uranvorräte [werden] allmählich knapp und teuer*" als Mythen.[479]Aus Sicht einer Prognos-Studie, in der die Bedingungen für den weltweiten Ausbau der Kernenergie untersucht werden, stellen sich für den Neubau von Kernkraftwerken ökonomische, technische und gesellschaftliche Herausforderungen. Im Ergebnis kommt das Wirtschaftsforschung- und Beratungnehmen in dieser Studie zu dem Befund, dass die Entwickung der weltweiten Kernenergienutzung von fünf Faktoren abhängt[480]. Demnach sind Kernkraftwerke „*komplexe technische Systeme, die maximale Anforderungen an die Zuverlässigkeit von Herstellern, Betreibern und Aufsichtsbehörden stellen*", und wegen ihrer langen Genehmigungs-, Bau- und Refinanzierungszeiten langfristig stabile Rahmenbedingungen" benötigen sowie „in Systemen mit schnell wachsenden Anteilen erneuerbarer Energieträger in der Stromerzeugung Konkurrenz" bekommen. Zudem ist die Marktlage so, dass sowohl *„bei den Herstellern von Kernkraftwerken als auch bei den Lieferanten für Komponenten [...] begrenzte technische und personelle Kapazitäten"* exisitieren, wobei ein „*zentraler Engpass [---] die Herstellung von sehr schweren Druckwassergefäßen"*ist. Darüber hinaus gilt, dass die *„Die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen [..] weltweit ungelöst"* ist.

Neben den genannten Hemmnissen (constraints) gibt es aber auch treibende Faktoren (drivers), die staatliche Akteure bewegen, Nuklearstaaten zu werden. Hierzu zählen erstens der gestiegene Energiebedarf und die weltweite Energienachfrage[481], zweitens die nationale Versorgungssicherheit und drittens die günstige kohlendioxid-arme Bilanz des nuklearen Brennstoffkreislaufs und die „klimafreundliche" Energieform der Kernkraft.[482]

8.3 Verbesserungsbedarf bei der Bewältigung von Reaktorunglücken

Die Analysen der Unfallverhütung, des Unfallablaufs und der Maßnahmen in Japan und in Deutschland nach Fukushima werden derzeit[483] durchgeführt. Auch wenn nicht alle Schlussfolgerungen abgestimmt in veröffentlichten Fassungen vorliegen, lässt sich nach den vergangenen schweren Kernkraftwerksunfällen von Three Mile Island 1979, Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011 folgender Befund kritisch feststellen: Es wurden nicht alle notwendigen Konsequenzen gezogen, um ein national und international konsistentes Notfallmanagement zur Bewältigung von Unfällen und Unglücken aufzubauen und um das Leben, Eigentum und die Gesundheit der

478 Findlay 2011: 33
479 Rubner 2007: 255
480 Prognos 2009: 9–10
481 „the projected overall increase in demand for energy, including electricity, worldwide" (Findlay 2011: 5).
482 Lübbert 2007
483 d.h. im Bearbeitungszeitraum 2011 und 2012

Bevölkerung hinreichend zu schützen. Darüber hinaus gibt es Verbesserungsbedarf auf den Gebieten der Öffentlichkeitsarbeit und Informationspolitik sowie der Maßnahmenentscheidungen während einer Nuklearkatastrophe.

8.3.1 Katastrophenmanagement in Deutschland

In einer Vorbemerkung zur einer Bundestagsanfrage zum „Nuklearen Katastrophenfall" heißt es „*Der Bund hat im nuklearen Notfallschutz bei der unmittelbaren Gefahrenabwehr, zu denen die Evakuierung als eine mögliche Maßnahme gehört, keine Zuständigkeiten*".[484] In Deutschland sind für den Katastrophenschutz in der Regel untere Behörden zuständig. Das ist zum Beispiel für das Kernkraftwerk Grohnde der Landkreis Hameln-Pyrmont. Er hat nach dem Katastrophenschutz-Sonderplan als sogenannter Betreiberlandkreis die zentrale Aufgabe der Katastrophenschutzleitung einschließlich der Erarbeitung der radiologischen Lage, die er für alle Katastrophenschutzbehörden in einer Entfernung bis 25 km wahrnimmt. Im Fall des Kernkraftwerks Grohnde sind die folgenden sechs Katastrophenschutzbehörden betroffen: die Region Hannover, die Kreise Lippe und Höxter sowie die Landkreise Hildesheim, Holzminden und Schaumburg. [485] Aus dem Fukushima-Unglück folgt die Erkenntnis, dass in Deutschland der Katastrophenschutz bei schweren Kernkraftwerksunfällen nicht mehr so kleinräumig wie bisher geplant werden darf: Wenn man die Maßnahmen der japanischen Behörden bei der Fukushima-Katastrophe unmittelbar beispielhaft auf das Kernkraftwerk Grohnde überträgt, hätte der Landkreis und damit die zuständige Katastrophenschutzbehörde kurzfristig vollständig evakuiert werden müssen.[486] Die Folgen wären der ersatzlose Ausfall der Katastrophenschutzleitung und des zugehörigen Zentrums zur Ermittlung der radiologischen Lage, ein Auseinanderbrechen der Organisationsstrukturen und Befehlsketten sowie ein unter diesen Voraussetzungen sicherlich völlig überfordertes Katastrophenmanagement.

Die Behörden in Deutschland sind nicht auf die kurzfristig einzuleitenden, länger anhaltenden „Großevakuierungen" mit sehr vielen Menschen vorbereitet, wie sie in Japan nach dem Kernkraftwerksunfall von Fukushima zum Schutz der Bevölkerung durchgeführt wurden. Entsprechende Planungen für Evakuierungsmaßnahmen in einer weiteren Umgebung von Kernkraftwerken, die über bisherige geplante Evakuierungszonen hinausgehen, müssen noch erarbeitet werden. Hierbei sind als zusätzliche Probleme das Aufrechterhalten der Funktionsfähigkeit kritischer Infrastrukturen in den evakuierten Gebieten und die

484 Bundestag 2010: 1
485 Landkreis Hameln-Pyrmont 2012: 11
486 Dies lässt sich an der Zoneneinteilung und Darstellung der Landkreisgrenzen im Katastrophenschutz-Sonderplan gut erkennen (Landkreis Hameln-Pyrmont 2012: 14).

Aufnahmekapazitäten einer sehr großen Zahl evakuierter Personen in weiter entfernten ungefährdeten Gebieten zu lösen. Eine Unterbringung von Evakuierten in Nachbarkreisen, wie es die bisherigen Katastrophenschutz-Sonderpläne in Deutschland vorsehen[487], ist bei einem Kernkraftwerksunfall mit großräumiger Schadenslage ungeeignet. Für solche Ereignisse sollte es eine länderübergreifend organisierte Lösung geben, bei der die Bundesländer nach einem vereinbarten Schlüssel die Aufnahmekapazitäten im Fall einer Groß-Evakuierung schaffen und im Bedarfsfall zur Verfügung stellen können.

Ein weiteres Problem des Katastrophenschutzes in Deutschland ist vor dem Hintergrund der Schutzmaßnahmen nach dem Fukushima-Unfall deutlich geworden: bei vergleichbaren Maßnahmen in Deutschland wären mehrere große Städte von Evakuierungen betroffen. Das gilt ebenso auch nach dem Ausstieg Deutschland aus der Nutzung der Kernenergie wegen der weiterhin im Betrieb befindlichen grenznahen ausländischen Kernkraftwerke. Während nach einer politischen Entscheidung in Deutschland zum 6. August 2011 acht Kernreaktoren[488] stillgelegt sind, können befristet[489] neun Kernreaktoren bis Ende 2022 weiterbetrieben werden. In der näheren Umgebung dieser Anlagen[490] sind größere Städte, deren Entfernungen[491] teilweise unter 10 km (Speyer 8, Schweinfurt 8, Hameln 8.5, Heilbronn 9, Günzburg 10) oder unter 20 km (Itzehoe 13, Landshut 14) liegen. Darüber hinaus sind weitere Großstädte in einem Umkreis bis zu ca. 50 km um diese Anlagen gelegen (Ulm 23, Karlsruhe 30, Stuttgart 30, Hamburg 50 und Osnabrück 55), darunter auch die niederländische Stadt Enschede (40).

Da nach den Erfahrungen von Fukushima bei schweren Kernwerkunfällen größere Gebiete von den radiologischen Folgen betroffen sein können, sind in den Rahmenempfehlungen die bisher festgelegten Planungszonen und die in den Planungszonen vorzubereitenden Maßnahmen[492] kritisch zu hinterfragen und neuere Studien[493] zu berücksichtigen. Da größere Städte in den nach

487 Zum Beispiel sieht der Katastrophenschutz-Sonderplan Grohnde vor, dass die 5 Nachbarlandkreise (Region Hannover, Landkreis Schaumburg, Kreis Lippe, Kreis Höxter sowie Landkreis und Stadt Hildesheim) Quartiere für bis zu 58.000 Personen bereithalten (Landkreis Hameln-Pyrmont 2012: 118).

488 Die stillgelegten Kernkraftwerken (KKW) sind: KKW Biblis, Blöcke A und B; KKW Brunsbüttel; KKW Isar, Block I; KKW Krümmel; KKW Neckarwestheim, Block I; KKW Philippsburg, Block I; KKW Unterweser.

489 Die Laufzeiten gehen jeweils bis zum Jahresende, wobei die Jahreszahl vom Kernkraftwerk (KKW) abhängig ist: 2015: KKW Grafenrheinfeld; 2017: KKW Gundremmingen, Block B; 2019: KKW Philippsburg, Block II; 2021: KKWe Grohnde, Brokdorf und Gundremmingen, Block C; 2022: KKWe Isar Block II, Neckarwestheim, Block II und Emsland.

490 Es sind dies die Anlagen Brokdorf (KBR), Emsland (KKE), Neckar 2 (GKN-2), Grafenrheinfeld (KKG), Grohnde (KWG), Gundremmingen B (KRB-IIB), Gundremmingen C (KRB-IIC), Isar 2 (KKI-2) und Philippsburg 2(KKP-2).

491 Die in Klammern wiedergegebenen Zahlenwerte sind Entfernungsangaben im km, die sich auf den Abstand zwischen Anlagen und Ortsmitte beziehen und dem Maßnahmenkatalog entnommen sind (Strahlenschutzkommission 2010: 214).

492 Strahlenschutzkommission 2009b: 71–72

493 Z.B. Kubanyi et al. 2008

der Überarbeitung erweiterten Planungszonen liegen werden, sind Alternativen zu den bisherigen Schutzstrategien zu erarbeiten, die bisher ausschließlich auf jeweils eine isolierte Einzelmaßnahme fokussiert sind. Hierzu gehören insbesondere Kombinationen von Einzelmaßnahmen für bestimmte radiologische Situationen, z.B. der Aufenthalt in Gebäuden mit bei Erfordernis anschließender Evakuierung in bestimmten Planungszonen, die am Beispiel einiger ausgesuchter Unfallabläufe in der Vorplanung durch die Katastrophenschutzbehörden ermittelt sowie unter Abwägung von Nutzen und Schaden der Maßnahmenkombination optimiert werden sollten. Allgemeingültigen Lösungen, die nicht von spezifischen anlagen- oder umgebungsbezogenen Besonderheiten Gebrauch machen, sollten zum Zwecke einer bundeseinheitlichen Vorgehensweise der Vorzug gegeben werden.

8.3.2 Notfallschutzmanagement als europäisches Problem

Drei Kernkraftwerke in Frankreich und der Schweiz liegen weniger als 10 km von der deutschen Grenze entfernt und zwei weitere grenznahe ausländische Anlagen liegen innerhalb einer 20 km-Zone von deutschem Staatsgebiet.[494] Damit wären im Falle von Kernwerksunfällen mehrere größere deutsche Städte potenziell betroffen.[495] Diese Situation ist keine „deutsches Phänomen“ sondern der Bedarf für ein grenzüberschreitendes Katastrophenschutzmanagement ist charakteristisch für Europa, da viele Kernkraftwerksstandorte in Grenznähe liegen. Daher sprechen die in unmittelbarer Grenznähe befindlichen Anlagen in Europa und die in deren Umgebung jenseits der Grenze befindlichen Ortschaften dafür, dass möglichst ein in der Europäischen Union einheitliches Verfahren bzw. Schutzkonzept bei Kernkraftwerksunfällen angestrebt wird, um ein gleiches europäisches Schutzniveau für die Bevölkerung schon in der Vorplanung zu gewährleisten.

Eine andere Erkenntnis aus dem Fukushima-Unglück ist, dass selbst sehr weit von Europa entfernte schwere Kernkraftwerksunfälle auf dem Gebiet der sogenannten „weichen Maßnahmen“ (soft countermeasures), zu den Importverbote, Handelsbeschränkungen und Reiseempfehlungen gehören[496], ein gemeinsames Handeln der Staaten in der Europäischen Union erfordern. Hierzu

494 Es handelt sich um die grenznahen Kernkraftwerke in Frankreich (F) und der Schweiz (CH): KKW Fessenheim (F; 1 km), KKW Leibstadt (CH; 1 km), KKW Beznau (CH; 7km). Weitere grenznahe Anlagen sind Cattenom (F; 12 km) und Gösgen-Däniken (CH; 20km) (Strahlenschutzkommission 2004c: 17).

495 Deutsche Städte in der Nähe ausländischer Kernkraftwerke sind: Waldshut (4km, KKW Leibstadt; 9 km, KKW Beznau), Freiburg (25 km, KKW Fessenheim), Rheinfelden (25 km, KKW Gösgen-Däniken) und Saarlouis (35 km, KKW Cattenom) (Strahlenschutzkommission 2004c: 17).

496 In Nuclear Energy Agency 2006: 82 werden „soft countermeasures” umschrieben als „such as travel and trade, recovery management and public information“.

bedarf es auch in Nichtnuklearstaaten eines Stabes von qualifizierten Mitarbeitern, die Fachkunde auf dem Gebieten des Strahlenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge besitzen.

8.3.3 Nationales radiologisches Lagezentrum in Deutschland

Nach den Erfahrungen des Verfassers sollten die Behörden in Deutschland zum Zwecke der Gefahrenabwehr bei schweren Kernkraftunglücken auf eine gemeinsame Entscheidungsgrundlage zurückgreifen können, die von einer zentralen Stelle erarbeitet und den zuständigen Behörden verfügbar gemacht wird. Dazu sollte ein gemeinsames bundesweites radiologisches Lagezentrum eingerichtet werden, das den im Krisenmanagement beteiligten Bundes- und Länderbehörden die erforderlichen Informationen zur Verfügung stellt. Zu den Aufgaben dieses radiologischen Lagezentrums sollen folgende Service-Funktionen gehören die Beschaffung und –bereitstellung wichtiger Informationen, •die Informationsdarstellung sowie die fachliche Bewertung und Beratung. Die erstgenannte Service-Funktion kann sich, je nach Ausgangssituation, auf die Bereitstellung von Messwerten der kerntechnischen Überwachung, vonprognostizierten oder ermittelten Strahlenexpositionen, von Dosis-oder Quelltermabschätzungen sowie von Messwerten der Aktivitätskonzentration in der Luft oder Kontaminationswerten in Lebensmitteln beziehen oder die Rekonstruktionen von Ablagerungen radioaktiver Stoffe beinhalten. Die Informationsdarstellung umfasst systematisch aufbereitete, allgemeinverständliche Zusammenfassungen und Lagebilder (Karten) für alle beteiligten Behörden während die fachliche Bewertung und Beratung vielfältig ist. und das Leistungsspektrum folgende Funktionen umfasst: 1) die Beurteilungen des Anlagenzustandes und der radiologischen Situation in der Umgebung der Anlage, 2) die Einschätzungen in Bezug auf die Notwendigkeit medizinischer Maßnahmen und auf die Einrichtung von Notfallstationen und medizinische Nachsorgestationen, 3) die Unterstützung und Beratung der federführenden Katastrophenschutzbehörde hinsichtlich der Einleitung von Maßnahmen, 4) die Bereitstellung radiologischer Fachkompetenz und anwendungsbezogener, zielgruppenorientierter Entscheidungsgrundlagen für andere Bundes- und Länderbehörden, 5) die Beratung von Hilfsorganisationen bei Einsätzen im In- und Ausland, 6) die Beratung und Unterstützung der Behörden bei der Information der Bevölkerung sowie 7) die Rolle als offizieller Ansprechpartner der Presse für generelle fachbezogene Informationen zum Strahlenschutz und zu Verhaltensempfehlungen für die Bevölkerung bei radiologischen Notfällen.

Das radiologische Lagezentrum sollte dem Bundesumweltministerium als dem für Reaktorsicherheit und Strahlenschutz zuständigen Ministerium unterstehen, die Kompetenzen bestehender bewährter Institutionen zusammenführen und in einem Kompetenznetzwerk zur Krisenbewältigung bei schweren Kernkraftwerksunfällen bündeln. Dem radiologischen

Lagezentrum sollen bestehende Beratungsgremien sowie Fachbehörden und Sachverständigenorganisationen mit ihren Schwerpunktaufgaben sowie das bestehende allgemeine Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ) angehören. Zu den Beratungsgremien gehören sowohl die Reaktorsicherheitskommission und die Strahlenschutzkommission als Beratungsgremien des Bundesumweltministeriums als auch die Schutzkommission, die das Bundesinnenministerium und die Innenministerkonferenz der Länder in Fragen des Schutzes der Zivilbevölkerung berät. Für die Schwerpunktaufgaben spielen folgende Institutionen im radiologischen Lagezentrum eine besondere Rolle: 1) die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit verfügt über besondere Fachkunde im Bereich der Sicherheit technischer Anlagen (d.h. im anlageninternen Notfallschutz)[497], 2) das Bundesamt für Strahlenschutz hat Expertise im Bereich radiologischer Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (d.h. im anlagenexternen Notfallschutz), 3) der Deutsche Wetterdienst (im Geschäftsbereich des Bundesverkehrsministeriums) ist für die Vorhersage meteorologischer Vorgänge und die Überwachung der Atmosphäre auf radioaktive Spurenstoffe zuständig, und 4) das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BBK) ist für die konzeptionelle Planung und interdisziplinäre Koordinierung des Schutzes kritischer Infrastrukturen zuständig. Die Funktion des Gemeinsamen Melde- und Lagezentrums von Bund und Ländern (GMLZ) sollte im Rahmen des zu errichtenden radiologischen Lagezentrums bestehen bleiben: Das GMLZ hat die Aufgabe des länder- und organisationsübergreifende Informations- und Ressourcenmanagements durch Entgegennahme, Beschaffung, Analyse, Verarbeitung, Koordinierung, Weitergabe und Austausch von Meldungen und Informationen bei großflächigen Schadenlagen oder Schadensfällen von nationaler Bedeutung. Nicht zu den Aufgaben bzw. Zuständigkeiten des bundesweiten radiologischen Lagezentrums sollen die Entscheidungsbefugnisse von Bundes- und Länderbehörden gehören, d.h. eine Verlagerung derartiger Verantwortlichkeiten soll nicht erfolgen und Entscheidungen über Maßnahmen sollen weiterhin, dem Subsidiaritätsprinzip[498] entsprechend, von den bisher zuständigen Behörden getroffen werden.

8.3.4 Änderungsbedarf bei Zuständigkeiten und Organisation zur Krisenbewältigung

In Deutschland liegt der Katastrophenschutz in der Zuständigkeit der Bundesländer: die Länder erlassen katastrophenspezifische Regelungen und führen das Katastrophenrecht aus, während der

497 Insbesondere liegt bei der GRS jahrzehntelange Expertise auf den Gebieten „Sicherheitsstudien“ und „anlageninterner Notfallschutzes“ vor (Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1979, 1989, 1992, 1996).

498 Das Subsidiaritätsprinzip als zentrales Element des Föderalismus lautet: „Die nächsthöhere Gebietskörperschaft (Bezirk, Land, Bund) soll eine Gestaltungsaufgabe erst dann für sich in Anspruch nehmen oder mit ihr betraut werden, wenn die direkt betroffene Ebene dazu nicht hinreichend in der Lage ist“ (Vierecke et al. 2011: 109).

Bund nur punktuell Verwaltungszuständigkeiten hat.[499] Dies gilt auch für den Schutz der Bevölkerung vor Strahlenbelastungen als Folge von Kernkraftwerksunfällen, der per Gesetz von den Ländern in Bundesauftragsverwaltung durchgeführt wird: *„Art. 85 GG [gewährt] die Möglichkeit, Bundesgesetze abweichend von Art. 83 GG im Wege der Bundesauftragsverwaltung auszuführen. Die Verwaltung liegt dabei zwar grundsätzlich in der Hand der Länder, […]. Die Länder unterstehen nach Art. 85 Abs. 3 S. 1 GG jedoch den Weisungen der zuständigen obersten Bundesbehörden, d.h. der Bundesministerien. […]. Eine Bundesauftragsverwaltung des Katastrophenrechts erfolgt im Zivilschutz (§ 2 Abs. 1 ZSG), im Atomrecht (Art. 87c GG i.V.m. § 24 Abs. 1 S. 1 AtG) […], soweit der Bund jeweils nicht selbst tätig wird. Sie gilt zudem beim vorsorgenden Bevölkerungsschutz gegen Strahlenbelastungen (§ 10 Abs. 1 S. 1 StrVG) […]“*.[500]

Bei „schweren kerntechnischen Notfällen“[501] ist nach Ansicht des Verfassers jedes Bundesland bei der Krisenbewältigung aus eigener Kraft überfordert. Daher muss es für solche Ereignisse zwei organisatorische Änderungen geben, indem gesetzlich eine Länderzuständigkeit mit einer hierfür federführenden zuständige Landesbehörde an Stelle einer kommunalen Zuständigkeit für den Katastrophenschutz tritt und ein gemeinsamer Bund-Länder-Krisenstab eingerichtet wird, in dem sowohl eine ausgewählte Behörde[502] federführend für die Länder und als auch das Bundesumweltministerium für den Bund vertreten sind und gemeinsam Entscheidungen über die Einleitung von Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge treffen. Tatsächlich existiert im deutschen Atomrecht die Gesetzgebungskompetenz derzeit ausschließlich beim Bund, wobei die Gewichtung zwischen Bund- und Länderressorts je nach dem Rechtsgebiet (Katastrophenschutz, Strahlenschutzvorsorge) unterschiedlich ist: Nach Art. 73 Nr 14 des Grundgesetzes liegen die Gesetzgebungskompetenzen im Gefahrenabwehrrecht im Spezialfall des Atomrechts beim Bund (als sogenannte ausschließliche statt konkurrierende Bundeskompetenz) und damit, stellvertretend für den Bund, beim Bundesumweltministerium (BMU). Das BMU ist für die einschlägigen Gesetze federführend zuständig: Atomgesetz (AtG), Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz (AtStrlSV), Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrSchVG) und Gesetz zu den IAEO-Benachrichtigungsübereinkommen und zu dem IAEO-

499 Schmidt 2009: 96

500 Schmidt 2009: 96

501 Hierunter fallen sicherlich Kernkraftunfälle mit dem Schweregrad 4 bis 7 auf der INES-Skala, siehe Tabelle 1 auf Seite 67.

502 Über die Wahl der Behörde müssen sich Bund und Länder verständigen, wobei fallweise das *Bundesinnenministerium* oder ein *Innenministerium eines Landes* in Frage kommen. Zum Beispiel wäre bei einem schweren Unfall eines in Betrieb befindlichen Kernkraftwerks im Inland standortabhängig das *Landes-Innenministerium* von Baden-Württemberg, Niedersachsen oder Schleswig-Holstein die geeignete *federführende Behörde*, sofern nicht - was unwahrscheinlich aber grundsätzlich möglich ist - die Bundesländer in Abänderung bestehender Gesetze diese Zuständigkeit auf das *Bundesinnenministerium* verlagern.

Hilfeleistungsabkommen (IAEOBen/IAEOHiLÜbkG).[503] Das Bundesinnenministerium, das innerhalb der Bundesregierung für den Katastrophenschutz federführend ist, hat gegenüber den Ländern mit Blick auf die Zuständigkeit bei Gesetzgebung und Vollzug eine ungleich geringere Rolle als das Bundesumweltministerium auf dem Gebiet der Strahlenschutzvorsorge.

Wie die Erfahrung in Deutschland anlässlich des Fukushima-Unglücks gezeigt hat, sind bei Kernkraftwerksunfällen zahlreiche Behörden des Bundes und der Länder an der Krisenbewältigung beteiligt. So gehören nach Schmidt allein zu den nachgeordneten Bundesbehörden mit katastrophenrechtlich relevanten Aufgaben 27 Einrichtungen, von denen jedoch nicht alle in gleicher Weise bei der Bewältigung eines Kernkraftwerksunfalls betroffen wären. [504] Der Bund-Länder-Krisenstab sollte daher über den bisher existierenden Krisenstab des Bundesumweltministeriums („RS-Stabsorganisation") hinaus, je nach Einzelfall und Bedrohungslage, zur Erfüllung der Aufgaben im Notfallmanagement sowie zur Gewährleistung einer gemeinsamen Meinungsbildung und eines abgestimmten Handelns folgende vier Stäbe einrichten: einen „Krisenstab der Bundesregierung" mit Vertretern der vorrangig betroffenen Bundesressorts, einen „interministerielle Koordinierungsgruppe" der Bundesbehörden, einen „Stab von Verbindungsbeamten" der Länder, sowie das in Kapitel 8.3.3 vorgeschlagene „bundesweite radiologische Lagezentrum" (als Bestandteil der erweiterten „RS-Stabsorganisation"). Da die Behörden in Deutschland räumlich verteilt sind, müssen die Stäbe disloziert untergebracht, z.B. in Bonn und Berlin, sowie zentrale Stellen für die gesicherte Kommunikation[505] und für die Funktion der Geschäftsstelle[506] im Krisenfall eingerichtet werden.

8.3.5 Neues Evakuierungskonzept in Deutschland

Zum Schutz der Bevölkerung sind beim Fukushima-Unglück wesentlich größere Gebiete evakuiert worden als dies in der Besonderen Katastrophenschutzplanung für Kernkraftwerke in Deutschland vorgesehen ist.[507] Wie sich beim Unfallablauf von Fukushima gezeigt hat, war die Entscheidung der japanischen Behörden richtig, unverzüglich nach dem Beginn des Unfalls die Bevölkerung in der 20 km – Zone zu evakuieren. Dieser Evakuierungsradius war unter dem

503 Vgl. Schmidt 2009: 98

504 Schmidt 2009: 100–102

505 Hierfür geeignet ist, wie in Kapitel 8.3.3 vorgeschlagen, das Gemeinsame Melde- und Lagezentrum (GMLZ) in Bonn, das diese Aufgabe des Informationsverbundes derzeit schon für den Krisenstab des Bundesinnenministeriums in Berlin leistet.

506 Als Geschäftsstelle in Frage kommt nach Auffassung des Verfassers primär das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) in Frage, das nach den Planungen des Innenministeriums diese Aufgabe ohnehin bei einer ggf. einzuberufenden Interministeriellen Koordinierungsgruppe des Bundes und der Länder (IntMinKoGr) hat. Eine mögliche (aus Sicht des Verfassers weniger geeignete) Alternative zum BBK wäre das Bundesumweltministerium selbst.

507 Kapitel 8.3.1

Aspekt des vorsorglichen Bevölkerungsschutzes angemessen, und die Entscheidung der japanischen Behörden, keinen größeren Evakuierungsradius als 20 km festzulegen, gerechtfertigt, da Evakuierungen schwere Eingriffe in das persönliche Leben darstellen und mit Nachteilen, bis hin zu möglichen Todesfällen verbunden sind. Über die Zahl der Todesfälle als Folge der Evakuierung beim Fukushima-Unglück in Japan gibt es keine allgemein anerkannten Schätzungen. Bisherige Studien gehen von Schätzungen aus, deren Werte sich um zwei Größenordnungen unterscheiden. Die Modellrechnungen einer Studie[508] kommen weltweit auf 130 Todesfälle als Folgen der Strahlenbelastung nach dem Fukushima-Unglück, wobei wegen der Unsicherheit eine große Spannweite angenommen wird (d.h. minimal 15, maximal 1300 Todesfälle). Rüegg[509] setzt die in dieser Studie ermittelten Todesfälle in Beziehung zu den realen Todesfällen in Folge durchgeführten Evakuierungen in Japan: „*Interessant ist an dieser Studie auch die Schätzung von 600 nicht strahlenbeding[t]en Todesfällen aufgrund der erzwungenen Evakuation, vor allem unter älteren und gesundheitlich geschwächten Menschen. Gemäss diesen Modellrechnungen hat die Evakuierung maximal 245 Todesfälle aufgrund der Strahlung verhindert. Das würde bedeuten, dass die Evakuationen mehr Schaden als Nutzen angerichtet haben. Ohne Evakuationen hätte die Strahlung also um die 350 zusätzliche Krebsfälle verursacht – immer noch weit unter der Nachweisgrenze*“.[510] Wenn man die erheblichen Unsicherheiten in der Bewertung der Anlagenzustände und radiologischen Lage zum Zeitpunkt des Fukushima-Unfalls in Betracht zieht, waren die getroffenen Evakuierungsentscheidungen der japanischen Behörden angemessen. Dies gilt trotz der Tatsache, dass selbst in verschiedenen Bereichen außerhalb des festgelegten Evakuierungsgebietes noch hohe Dosisleistungen gemessen wurden: „*Routine dose rate surveys began to be collected in the area outside the 12.4 mile (20 km) radius of the plant on March 16. The highest dose rate of 17 mrem/hr (0.17 mSv) was measured 19 miles (30.5 km) northwest of the station*“.[511]

Um in Deutschland eine umfangreiche Evakuierung in der Umgebung von Kernkraftwerken effizienter und rascher durchführen zu können, wird vorgeschlagen, eine flexible Planung zu erarbeiten, die eine Umsetzung der Evakuierungsstrategie unter Einsatz von modernen technischen Systemen beinhaltet. So wurden neuartige Evakuierungsstrategien unter Einsatz von Kameras und Sensoren, die das Verkehrsaufkommen in Echtzeit registrieren und die Bildung von Staus vermeiden helfen, an der Universität Toronto erarbeitet.[512] Dabei ist es in der Simulation gelungen,

508 Ten Hoeve/Jacobson 2012
509 Rüegg 2012
510 Rüegg 2012: 6
511 Institute of Nuclear Power Operations 2011: 42
512 Albrecht 2012

mittels einer Evakuierungsstrategie für Toronto den Evakuierungsprozess viermal schneller durchführen zu können als ohne verkehrslenkende Maßnahmen und innerhalb ca. 2 Stunden 1.21 Millionen Einwohner per Autos sowie 1,34 Millionen Einwohner mittels der „*Toronto Transit Commission fleet (4 Rapid Transit lines and 1320 transit buses used as shuttle*s)" aus Toronto zu evakuieren.[513] Die so ermittelte optimale Verkehrsstrategie einerseits und eine angemessene Koordinierung der zuständigen Behörden und betroffenen Gemeinden andererseits dürften die Grundlage von verbesserten anlagenbezogenen Evakuierungsplanungen bilden, deren Ausgestaltungen dann in die verbindlichen Besonderen Katastrophenschutzpläne für Kernkraftwerke einfließen.

8.4 Analyse der Auswirkungen von schweren Reaktorkatastrophen

Bei schweren Reaktorunfällen mit Freisetzungen großer Mengen radioaktiver Isotope kommt es über große Gebiete hinweg zu Auswirkungen, die weiträumige Reaktionen hervorrufen. Ein Reaktorunfall wie in Fukushima 2011 oder in Tschernobyl 1986 hat weltweite Auswirkungen. Die freigesetzten Mengen an Radionukliden in Fukushima waren gegenüber Tschernobyl eine Größenordnung geringer beziehungsweise betrugen etwa ein Sechstel, wenn man zur Vergleichbarkeit die Freisetzungen in Iod-131-Äquivalenten misst: "*The release of radioactivity into the atmosphere from the Fukushima Daiichi accident has been estimated by Japan's government as about one-tenth of that from the Chernobyl accident*". [514] "*The source term, or radiation released into the atmosphere by the accident, is estimated to be approximately 900Peta Bq (Iodine: 500Peta Bq, Cesium 137: 10Peta Bq) […]. In radiological equivalence to iodine 131 […] this is approximately one-sixth of the 5,200 Peta Bq that was calculated through INES to have been released by the Chernobyl accident*".[515] Gleichwohl hat die Kontamination bei derartigen schweren Unfällen der INES-Stufe 7 immer weitreichende, grenzüberschreitende Bedeutung. Nach neueren Abschätzungen würden über 90 Prozent des freigesetzten Radionuklids Cäsium-137 in mehr als 50 km und über 50 Prozent sogar in mehr als 1000 km vom verunfallten Kernkraftwerk entfernt abgelagert. Diese Abschätzungen beruhen auf Annahmen, die nicht zwangsläufig zutreffen müssen und zum Teil von Fachleuten kritisiert wurden.[516] Zu den Kritikpunkten gehören die Annahme einer ebenso hohen Freisetzung wie beim Tschernobyl-Unglück, die fehlende Differenzierung bei den möglicherweise unterschiedlichen Sicherheitsniveaus älterer und neuerer Reaktoren sowie die Höhe der Schwellenwerte zur Festlegung von „gefährlich" radioaktiv kontaminierten Gebieten: „*Although an objective measure*

513 Abdelgawad/Abdulhai 2010: 2
514 von Hippel 2011: 27
515 Kurokawa et al. 2012: 4.2
516 Schrader 2012

for dangerous radioactive contamination is debatable, a level of >37 kBq $^{137}Cs\ m^{-2}$ or ≥ 40 kBq m^{-2} for beta- and gamma-emitters has been suggested after the Chernobyl accident as a threshold contamination level".[517] Nach Ansicht des Verfassers sind die vereinfachten Annahmen von Lelieveld et al. trotz der Kritik jedoch durchaus geeignet, Indikatoren für ein relatives (nicht jedoch für ein absolutes) Kontaminationsrisiko zu ermitteln, d.h. bei einem vorausgesetztem schweren Kernkraftwerksunfall aufzuzeigen, welche Gebiete höhere Kontaminationsrisiken haben. In einer aktuellen Studie[518] über die globalen Risiken radioaktiver Niederschläge kommen die Autoren zu dem Schluss, dass West-Europa in einem Bereich, der die Gebiete an den Grenzen zwischen Deutschland, Belgien und Frankreich umfasst, weltweit die höchsten Risiken radioaktiver Kontaminationen hat und insbesondere die dicht besiedelte Gegend in Südwest-Deutschland zwischen Stuttgart und Köln das höchste Expositionsrisiko besitzt. [519] Andere Gebiete mit einem hohen Kontaminationsrisiko gibt es in Nordamerika und Ostasien. Dabei handelt es sich um drei Regionen in den Nordamerika, Japan und China, die folgende Städte umfassen: die Großstädte Washington D.C., New York und Atlanta in den USA sowie Toronto in Kanada, Tokio und Osaka in Japan sowie die dicht besiedelten chinesischen Gebiete um Shanghai und Hong Kong. [520]

Nach einer Studie des BfS[521] würde auch ein Unfall wie Fukushima mit lang andauernden Freisetzungen in Deutschland sowohl bei einem Quellterm wie er nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand in Fukushima aufgetreten ist als auch bei einem Quellterm, der Ergebnis neuerer probabilistischer Sicherheitsanalysen für deutsche Kernkraftwerke ist[522], unter realistischen Wetterbedingungen zu Katastrophenschutzmaßnahmen führen, die in erheblich größeren Radien erforderlich sind als bisher in den Vorplanungen angenommen wurde. Somit sind im Ereignisfall weiträumigere Katastrophenschutzmaßnahmen in Deutschland erforderlich als bisher angenommen wurde. Legt man die bisher gültigen Eingreifrichtwerte zu Grunde, sind auch die vorbereiteten Maßnahmen für Aufenthalt in Gebäuden, Evakuierung und Jodblockade nicht ausreichend: während Evakuierung und Verbleiben in Gebäuden im Umkreis jeweils bis zu 10 km vorgeplant sind, sind nach den dosisbezogenen Maßnahmenkriterien z.B. Evakuierungen bis ca. 25 km, Verbleiben in Gebäuden bis ca. 100 km und die Maßnahme Jodblockade für Kinder in nahezu 200 km erforderlich.[523] Gleiches gilt, wie sich aus einer Antwort der Bundesregierung

517 Lelieveld et al. 2012: 4249
518 Lelieveld et al. 2012
519 Lelieveld et al. 2012: 4252
520 Lelieveld et al. 2012: 4252
521 Gering et al. 2012
522 Gering et al. 2012: 1
523 Gering et al. 2012: 20–22

ergibt, wenn man einen Quellterm für ein großflächiges Sicherheitsbehälterversagen in einem deutschen Kernkraftwerk unterstellt, bei dem nahezu das gesamte radioaktive Inventar in die Umwelt freigesetzt wird: „*Unter diesen ungünstigen Annahmen wird die Fläche des derzeitigen Planungsradius von 25 km um Kernkraftwerke in der Größe von ca. knapp 2000 km^2 bei verschiedenen meteorologischen Situationen überschritten*“.[524]

Es gibt viele Kernkraftwerke in Europa, die in Grenznähe errichtet wurden und bei denen im Falle vergleichbar schwerer Kernkraftwerksunfälle beiderseits der Grenze Katastrophenschutzmaßnahmen erforderlich werden. Für Deutschland trifft das auf fünf ausländische Kernkraftwerke zu.[525] Zudem sind bei einem schweren in- oder ausländischen Kernkraftwerksunfall in der Regel mehre Bundesländer von Katastrophenschutzmaßnahmen betroffen.[526]

Bundesländer im potenziellen Maßnahmenbereich bei schweren Unfällen in ausländischen bzw. im befristeten Betrieb befindlichen inländischen Kernkraftwerken
Cattenom (Frankreich): im 25km-Radius: Saarland, Rheinland-Pfalz **Fessenheim** (Frankreich): im 10 km-Radius: Baden-Württemberg **Temelin** (Tschechien): im 100km-Radius: Bayern **Beznau** (Schweiz): im 25 km-Radius: Baden-Württemberg **Leibstad**t (Schweiz): im 10 km-Radius: Baden-Württemberg **Gösgen** (Schweiz): im 25 km-Radius: Baden Württemberg **Tihange** (Belgien): im 100 km-Radius: Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz
Brokdorf (2021, Schleswig-Holstein): im 10 km-Radius: Niedersachsen, im 100 km-Radius: Mecklenburg-Vorpommern, Bremen, Hamburg **Grohnde** (2012, Niedersachsen): im 25 km-Radius: Nordrhein-Westfalen, im 100 km-Radius: Hessen. Thüringen **Emsland** (2022, Niedersachsen): im 25 km-Radius: Nordrhein-Westfalen, im 100 km-Radius: Bremen **Neckarwestheim 2** (2022, Baden-Württemberg): im 100 km-Radius: Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz **Philippsburg 2** (2019, Baden-Württemberg): im 10 km-Radius: Rheinland-Pfalz, im 100 km-Radius: Bayern, Hessen, Saarland **Grafenrheinfeld** (2015, Bayern): im 100 km-Radius: Baden-Württemberg, Hessen, Thüringen **Gundremmingen B** (2017, Bayern): im 10 km-Radius: Baden-Württemberg **Gundremmingen C**(2021, Bayern): im 10 km-Radius: Baden-Württemberg **Isar 2** (2022, Bayern)

Tabelle 2: Bundesländer in der Umgebung in- oder ausländischer Kernkraftwerke

Wie man an Tabelle 2 und Tabelle 3 an Hand der Entfernungen erkennt, sind Evakuierungsmaßnahmen unter den sechszehn Bundesländern in Deutschland für sieben Bundesländer und Jodblockademaßnahmen für 12 Bundesländer bei schweren Kernkraftunglücken nicht auszuschließen.

Bundesland	**Anzahl der Kernkraftwerke** (KKW)

524 Bundestag 2010: 5

525 Diese Kernkraftwerke sind in Fußnote 494 aufgeführt.

526 Siehe nachfolgende Tabelle. In Klammern ist nach den Namen der Kraftwerksblöcke jeweils das letzte Betriebsjahr entsprechend der 13. Novelle des Atomgesetzes von 2011 angegeben.

	(ausl. = ausländisch, inl. = Inländisch)	
	Im 25 km-Radius	**Im 100 km-Radius**
Baden-Württemberg	4 ausl. KKW, 4 inl. KKW	1 inl. KKW
Bayern	4 inl. KKW	1 ausl. KKW, 1 inl. KKW
Bremen		3 inl. KKW
Hamburg		1 inl. KKW
Hessen		4 inl. KKW
Mecklenburg-Vorpommern		1 inl. KKW
Niedersachsen	3 inl. KKW	
Nordrhein-Westfalen	2 inl. KKW	1 ausl. KKW
Rheinland-Pfalz	1 ausl. KKW, 1 inl. KKW	1 ausl. KKW, 1 inl. KKW
Saarland	1 ausl. KKW	1 inl. KKW
Schleswig-Holstein	1 inl. KKW	
Thüringen		2 inl. KKW

Tabelle 3: Anzahl der Kernkraftwerke im 25 km- bzw. 100 km Radius

Vier Bundesländer liegen weniger als 25 km von ausländischen Kernkraftwerken entfernt. Insbesondere Baden-Württemberg hat vier benachbarte ausländische Kernkraftwerke, darunter Beznau (ca. 6 km entfernt) und Fessenheim (ca. 2 km von der Landesgrenze entfernt), für die im Ereignisfall Katstrophenschutzmaßnahmen auf deutschem Gebiet notwendig werden können. Somit sind in der Umgebung dieser Kernkraftwerke beiderseits der Grenze Maßnahmengebiete zum Schutz der Bevölkerung vorzuplanen und im Falle eines Reaktorunglücks - möglichst grenzüberschreitend einheitlich - durchzuführen.

Während einerseits, entsprechend dem Subsidiaritätsprinzip, Maßnahmen des Katastrophenschutzes von Behörden auf möglichst niedriger Verwaltungsebene getroffen werden sollen, sollten andererseits die Planungen zum anlagenexternen Notfallschutz bei schweren Kernkraftwerksunfällen wegen der grenzüberschreitenden Auswirkungen und der erforderlichen Konsistenz der Schutzmaßnahmen während der Bewältigung des Kernkraftwerksunfalls national konzipiert und im Idealfall an einer in Europa auf der Basis einer zu schaffenden europaweiten harmonisierten gemeinsamen Grundlage ausgerichtet werden.

9. Vorschläge zu EU-weiten Notfallschutzregelungen für ein Nuclear Safety Regime

Im Folgenden werden unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Bereich der nuklearen Sicherheit Vorschläge unterbreitet, die grenzüberschreitende Regelungen in Europa zum Inhalt haben, sowie Probleme und Hindernisse bei deren Umsetzung aufgezeigt.

9.1 Wege zur Harmonisierung des Notfallschutzes in der EU

Um zur europaweiten Harmonisierung zu kommen, sind zahlreiche Schritte erforderlich. U.a. gehören dazu die Bereitschaft, nationale Kompetenzen auf die Europäische Ebene zu verlagern, geeignete zuständige Gremien auszuwählen und mit Entscheidungsbefugnissen auszustatten sowie sich auf einheitliche Ansätze, z.B. hinsichtlich der Bedrohungssituationen und der Schutzkonzepte für die Notfallschutzplanungen, zu einigen.

Es wird daher vorgeschlagen, die Kompetenzen zur Regelung des Notfallschutzes mit möglicherweise grenzüberschreitenden radiologischen Auswirkungen, wegen der internationalen Verflechtungen und Abhängigkeiten, die keine inkonsistenten nationalen Lösungsmuster mehr zulassen, auf die EU-Ebene zu übertragen. Derartige Unfälle entsprechen den oberen Stufen der INES-Skala.[527] Die Umsetzung dieses Vorschlags impliziert einen Souveränitätsverzicht der Mitgliedstaaten und die Übertragung von Hoheitsbefugnissen auf die Europäische Union. Die in diesem Zusammenhang stehende Frage nach der angemessenen Abwägung zwischen der Übertragung von Hoheitsrechten an die europäischen Gemeinschafts- oder Unionsorgane einerseits und der ausreichenden Berücksichtigung des föderalen Prinzips in der Europäischen Union andererseits ist ein verfassungsrechtliches Thema und nicht Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit. Ziel sollte sein, eine gemeinsame europaweite Grundlage der Notfallplanung für schwere Kernkraftwerksunfälle zu schaffen, die im Ereignisfall die Möglichkeit für ein grenzüberschreitendes konsistentes Notfallmanagement in den Mitgliedstaaten eröffnet. Diese Grundlage würde inhaltlich die einschlägigen nationalen Regelungen zum nuklearen Notfallschutz ersetzen. In Deutschland wären hiervon insbesondere drei Regelwerke[528] betroffen: die Radiologischen Grundlagen[529], die Rahmenempfehlungen[530] und der Leitfaden[531].

Es gibt viele Themenbereiche im Zusammenhang mit dem Notfallschutz, bei denen eine grenzüberschreitende Harmonisierung angezeigt ist. Beispielsweise gehören hierzu Regelungen zu Fragen der Vermarktung kontaminierter Lebensmittel oder zum Import von Waren aus dem Unfallland, Maßnahmen für die Spätphase eines Unfalls sowie Haftungsfragen. Ein Teil dieser Themenbereiche ist in internationalen Gruppen derzeit Gegenstand von Diskussionen, ein weiterer Teil soll künftig aufgegriffen werden. Zu den Gruppen, die sich seit Jahren mit Fragen der nuklearen Sicherheit bzw. Strahlenschutz befassen, gehören sechs Gremien: WENRA (Western

527 d.h. Ereignisse der INES-Stufen 5 bis 7 (vgl. Tabelle 1 auf Seite 67)
528 Thematisch zählen die Inhalte des SSK-Hefts 61 (Strahlenschutzkommission 2009c) dazu.
529 Strahlenschutzkommission 2009a
530 Strahlenschutzkommission 2009c
531 Strahlenschutzkommission 2009b: 126–183

European Nuclear Regulators Association, HERCA (Heads of European Radiological Protection Competent Authorities), ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group), NEA/WPNEM (Nuclear Energy Agency/Working Party of Nuclear Energy Matters), G8/NSSG (G8/Nuclear Safety and Security Group) und die EURATOM/Article 31 Group (Expertengruppe der EU-Kommission).

Beim Fukushima-Unglück hat sich gezeigt, dass gerade in der Anfangsphase eines Unfalls die Zeit für Abstimmungsprozesse zwischen Staaten fehlt und somit die Harmonisierung der Planungen für diese kritische Unfallphase eine besonders große Bedeutung hat. Daher wird vorgeschlagen, aus den umfangreichen Spektrum die Themenfelder zunächst auf die Frühphase eines Unfalls einzugrenzen, sich auf noch in Betrieb befindliche Kernkraftwerke[532] zu beschränken und sich auf die wichtigsten Schutzmaßnahmen bei nuklearen Unfälle mit schwerwiegenden, potenziell grenzüberschreitenden radiologischen Folgen[533] zu konzentrieren. Zudem werden für diesen eingegrenzten Bereich fünf Themenblöcke für die Harmonisierung des Notfallschutzes in Europa vorgeschlagen: „Dosisbezogene und sonstige Maßnahmen, Rechtfertigung und ICRP-Bezug“, „Vorgeplante Maßnahmengebiete des nuklearen Notfallschutzes (Planungszonen)“, „Organisatorische Vorgaben zu „competent authorities in emergency preparedness and response“, „Notfallpläne“ und „Übungen und Ausbildungen“.

Bei dem Themenblock „Dosisbezogene und sonstige Maßnahmen, Rechtfertigung und ICRP-Bezug“ betreffen die Maßnahmen Sofortmaßnahmen im Nahbereich um die Anlagen, die als „wichtigste Schutzmaßnahmen“ in Deutschland Aufgabe des Katastrophenschutzes sind, und die dringenden Maßnahmen im Fernbereich (z.B. Kontaminationswerte für Importe), die in Deutschland der Strahlenschutzvorsorge zugeordnet werden. Der Bezug zu den ICRP-Empfehlungen ergibt sich aus dem anzustrebenden Paradigmenwechsel in den nationalen Vorschriften durch die Einführung von Referenzwerten entsprechend den ICRP-Empfehlungen, an die die bisherigen nationalen Richtwerte (Eingreifrichtwerte, Trigger-Werte, action levels) anzupassen sind. Hinsichtlich der vorgeplanten Maßnahmengebiete des nuklearen Notfallschutzes sind einheitliche Zoneneinteilungen, Spezifikationen für Planungszonen und damit zusammenhängende Schutzmaßnahmen sowie sonstige Faktoren zur Festlegung und Erweiterung der Planungszonen festzulegen. Zudem sind in den Planungszonen die kritischen Infrastrukturen zu identifizieren, d.h. bestimmte sensitive Einrichtungen (z.B. Kindergärten, Schulen,

532 Damit ist keine Aussage über das Gefahrenpotenzial anderer kerntechnischer Einrichtungen verbunden (z.B. von Wiederaufarbeitungsanlagen oder von Kernkraftwerken, die zwar nicht im Betrieb sind aber deren radioaktive Inventar noch auf dem Anlagengelände vorhanden ist).

533 Diese sind (in englischer Terminologie): use of stable iodine, sheltering, evacuation, access controls, food/water restrictions.

Krankenhäuser) und Einrichtungen der Wirtschaft mit einem Gefahrenpotenzial zu berücksichtigen. Zur letzteren Gruppe gehören Energieversorgungs- und Chemieanlagen sowie Einrichtungen, deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen haben. Die organisatorische Vorgaben des dritten Themenblocks betreffen Zuständigkeiten, Aufbau und Steuerung der Krisenorganisation im Staat einschließlich Regelungen zur Kommunikation, die Einbindungen in internationale Meldesysteme sowie die nationale und bei Bedarf internationale Abstimmung zur Gefährdungsbeurteilung und Entscheidungsunterstützung zwischen den zuständigen Behörden. Die Notfallpläne entsprechend dem vierten Themenblock sind anlagenbezogen nach einheitlichen Anforderungen unter Berücksichtigung einer Implementierung gestufter Maßnahmen im Ereignisfall zu erarbeiten, wobei die Öffentlichkeitsbeteiligung einschließlich der Einbindung der Bevölkerung und lokaler Stakeholder bei der Erstellung der Notfallpläne ein wesentliches Element ist. Der Themenblock „Übungen und Ausbildungen“ bezieht sich auf Ausbildung und Übung der Einsatzkräfte im Notfallmanagement einerseits und auf die Unterrichtung der bei einem Notfall potenziell betroffenen Bevölkerung in der Umgebung von Kernkraftwerken andererseits, wobei jeweils geeignete Übungs-, Ausbildungs-, Informations- und Fortbildungsveranstaltungen zu planen und durchzuführen sind.

Das in den Themenblöcken vorgeschlagene Arbeitsprogramm ist sehr ambitioniert. Dessen Umsetzung wird nach den bisherigen Erfahrungen des Verfassers in Internationalen Angelegenheiten der nuklearen Sicherheit viele Jahre in Anspruch nehmen. Realistisch betrachtet benötigt die Implementierung des Vorschlags einen Zeitraum von mehreren Jahren, möglicherweise mehr als ein Jahrzehnt, je nachdem in welchem Grad die inhaltliche Umsetzung durch die staatlichen Verwaltungen erfolgen soll und welche Staaten die Regelungen übernehmen. Der Kreis der betroffen Staaten kann sich z.B. auf alle Staaten in Europa oder auf eine Teilmenge davon beziehen, etwa auf Deutschland und seine unmittelbaren Nachbarstaaten. Unabdingbare Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung eines derartigen Arbeitsprogramms ist eine von allen Regierungen getroffene politische Entscheidung zu einer unverzüglichen und vollständigen Harmonisierung des anlagenexternen (radiologischen und nuklearen) Notfallschutzes. Derzeit gibt es weder eine derartige Grundsatzentscheidung noch eine politische Absichtserklärung zur europaweiten Harmonisierung des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen.

9.2 Erschwernisse zur Realisierung eines harmonisierten nuklearen Notfallschutzes

Die Befunde in dieser Arbeit zeigen, dass in Europa der Notfallschutz bei Kernkraftwerksunfällen zwischen Staaten sowohl in der Planung als auch in der Krisenbewältigung im Ereignisfall nicht

einheitlich geregelt ist. In diesem Kapitel werden einige Gründe für die mangelnde Bereitschaft zu einem verbesserten grenzüberschreitenden und harmonisierten europäischen Notfallmanagement der EU-Mitgliedstaaten aufgezeigt.

Als Konsequenz aus dem Reaktorunglück von Fukushima zielen die Initiativen der Nuklearstaaten zur Erhöhung der nuklearen Sicherheit nach Meinung des Verfassers zu einseitig auf technische Aspekte (wie z.B. beim internationalen Stresstest), indem sie die technische Sicherheit der Anlagen und die Maßnahmen zum anlageninternen Notfallschutz in den Mittelpunkt rücken, während der bei der Freisetzung von Radioaktivität aus havarierten Kernkraftwerken zum Schutz der Bevölkerung entscheidende anlagenexterne Notfallschutz bisher so gut wie keine Rolle gespielt hat. Ein Grund hierfür dürfte die Aufgabe bzw. Beschränkung von Souveränitätsrechten der Staaten sein, die beim anlagenexternen (nicht jedoch beim anlageninternen) Notfallschutz erforderlich ist, um einen grenzüberschreitende konsistenten Schutz von Mensch und Umwelt zu ermöglichen.

Auch ist zu bedenken, dass zu der Zeit, in der die meisten der im Betrieb befindlichen Kernkraftwerke in Europa errichtet wurden, noch keine Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben war. Mittlerweile sind die Vertragsstaaten des Aarhus-Abkommens zu einem Konsultationsverfahren verpflichtet wie es bei den Erweiterungsplanungen des tschechischen Kernkraftwerks Temelin und bei den Entwürfen zum neuen polnischen Kernenergieprogramm durchgeführt wurde.[534] Derzeit besteht jedoch keine Bereitschaft der Nuklearstaaten, eine entsprechende Umweltverträglichkeitsprüfung für bestehende Kernkraftwerke nachträglich durchzuführen.

Die Umsetzung des vorgeschlagenen bzw. damit vergleichbaren Arbeitsprogramms dadurch wird erschwert, dass ungeachtet des deutschen Atomausstiegs im In- oder Ausland in Politik und Gesellschaft insbesondere nach dem Fukushima-Unglück stark divergierende Auffassungen zur Nutzung der Kernkraft und zu den Risiken dieser Technologie bestehen und diese Kernenergie-Kontroverse mit dem Thema des anlagenexternen Notfallschutzes gekoppelt wird. So dient das Thema „Notfallschutz“ in einigen Fällen Nichtregierungsorganisationen und staatlichen Stellen dazu, nicht vorrangig den Bevölkerungsschutz sondern, teilweise ausschließlich, die Abschaltung von Kernkraftwerken zu fordern bzw. zu erzwingen. Ein Beispiel für diese Verquickung zwischen „Notfallschutz“ und „Atomausstieg“ ist der Offene Brief der Deutschen Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges (IPPNW) an die Innenminister der

534 SUJB 2001; Szkudlarek et al. 2011; ŮJV Řež 2010

Bundesländer vom 30.11.2012. In ihm werden die Innenminister aufgefordert, „*endlich die notwendigen Schlussfolgerungen für den Katastrophenschutz zu ziehen*“. Weiter wird die Abschaltung der laufenden Kernkraftwerke nahelegt: „*Wenn es nicht möglich ist, die Bürgerinnen und Bürger vor dem radioaktiven Fallout bei Reaktorunfällen zu schützen, dann müssen die Atomkraftwerke zwingend abgeschaltet werden*“.[535] Ein weiteres Beispiel ist der Streit um die Schwere der radiologischen Auswirkungen eines Kernkraftwerksunfalls auf einen Nachbarstaat, der das schweizerische Kernkraftwerk Mühleberg betrifft, das ca. 180 km von Österreich entfernt liegt. Diese Auseinandersetzung zwischen zwei nationalen Atomaufsichtsbehörden in Europa wird in Form von Fachgutachten und Gegenstellungnahmen geführt: In der österreichischen Fachstellungnahme[536] zur Ermittlung der Auswirkungen von schweren Unfällen des Schweizer Kernkraftwerks Mühleberg auf Österreich wird eine Auswahl von Unfallszenarien mit neun postulierten Quelltermen getroffen, von denen sechs massive Freisetzungen mit Aktivitäten berücksichtigen, die in der Größenordnung mit dem Fukushima-Unglück vergleichbar sind. In der Gegenstellungnahme des Eidgenössischen Sicherheitsinspektorats[537] werden diese Unfallszenarien als „Worst-Case”-Szenarien „*ohne Bezug zu anlagenspezifischen Eigenschaften*“ dargestellt und deren große Freisetzung von Radioaktivitätsmengen als *unrealistisch* abgelehnt: „*Die meisten der postulierten Quellterme sind sehr groß. Basierend auf der aktuellen werkspezifischen probabilistischen Sicherheitsanalyse haben derart große Quellterme für das KKM [Kernkraftwerk Mühleberg] eine äusserst geringe Eintrittshäufigkeit*“. [538]

Das vorgeschlagene Arbeitsprogramm zur internationalen Hamonisierung dürfte aufgrund unterschiedlicher nationaler Ansätze im Notfallschutz schwer umzusetzen sein und es ist nicht klar, ob zur Zeit die notwendige Bereitschaft zur Übernahme fremde Ansätze in die eigene nationale Notfallschutzplanung besteht. In der Vergangenheit hat es etliche verschiedene Versuche zur grenzüberschreitenden Harmonisierung von Teilbereichen der Notfallschutzplanung gegeben, wie eine noch unveröffentlichte Studie der Mitgliedstaaten der Nuklearen Energieagentur NEA gezeigt hat.[539] So hat die Mehrheit der untersuchten Staaten auf eine entsprechende Nachfrage[540] angegeben, sich schon einmal um die Harmonisierung von Themenfeldern des Notfallschutzes bemüht zu haben. Dies trifft auf Deutschland und seine Nachbarstaaten Frankreich, Schweiz und Niederlande, auf die USA und Kanada sowie die Gruppe der skandinavischen Länder („Nordic

535 IPPN 2012
536 Umweltbundesamt 2012: 277–318
537 ENSI 2012: 14–17
538 ENSI 2012: 14–15
539 Vgl. Nuclear Energy Agency 2012: 30
540 Die Frage lautete: „Has an attempt been made to harmonize basic rules or specific emergency plans, or intervention criteria with neighbouring countries (or states, provinces, Länder …)?“

countries“) zu. Dagegen berichteten andere an der Umfrage beteiligten Länder (z.B. Tschechien, Großbritannien, Ungarn. Korea und Japan), keine Aktivitäten zur Harmonisierung des Notfallschutzes mit Nachbarstaaten unternommen zu haben. An dem derzeitigen Stand des Notfallschutzes in Europa gemessen müssen die bisherigen Versuche wohl als wenig erfolgreich angesehen werden. Als Ursachen für Misserfolge bzw. als Hindernisse bei der internationalen Harmonisierung von Eingreifrichtwerten (intervention levels) nennt der Sprecher[541] einer internationalen europäischen Arbeitsgruppe zum Notfallschutz die Stichworte „*scientific evidence, regional particularities, legal constraints, political sensitivities*“ und verweist auf die mangelnde Bereitschaft, von den eigenen nationalen Vorgaben abzurücken, indem er dieses Verhalten der Staaten selbst-ironisch formulierte: „*we are very much in favor of harmonization as long as you adopt our values*“.[542]

Die Vielfalt der im nuklearen und radiologischen Notfallschutz international aktiven Gruppen mit ihren unterschiedlichen Schwerpunkten und zahlreichen, im Wesentlichen jedoch unkoordinierten Aktivitäten lassen nicht erwarten, dass die beteiligten Fachleute derzeit einen gemeinsamen grenzüberschreitenden Ansatz in der Notfallschutzplanung und ein kohärentes Vorgehen zur Krisenbewältigung bei kerntechnischen Unfällen verfolgen. So sind zahlreiche Detailfragen auch nach dem Fukushima-Unglück in Fachkreisen kontrovers diskutiert und noch nicht abschließend geklärt worden. Z.B. sind zwei Punkte, die in Deutschland auch unter Experten zunächst umstritten waren, in der nationalen Notfallschutzplanung von Bedeutung: der in den Unfallszenarien zu betrachtenden Schweregrad und die maximalen Unfalldauer bei Kernkraftwerksunfällen. Insbesondere geht es um die Frage, ob man als Unfallszenarien katastrophale Unfälle[543] postulieren soll. Als Argumente gegen die Einbeziehung katastrophaler Unfälle in die Notfallschutzplanung wurden deren geringe Eintrittswahrscheinlichkeiten, die dem Restrisiko zuzuordnen seien, genannt sowie das hohe technische Schutzniveau, das durch das vorhandene gestaffelte Sicherheitskonzept und die in den Ergebnissen des Stresstests[544] bestätigte hohe Robustheit der deutschen Anlagen sowohl in der Auslegung als auch im auslegungsüberschreitenden Bereich durch Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes gekennzeichnet ist.

Der im nuklearen Notfallschutz zu betrachtende Schweregrad der Unfallszenarien wird auch im Ausland uneinheitlich gesehen wie die folgenden Beispiele aus Japan und der Schweiz zeigen:

541 Patrick Majerus (Luxemburg)

542 Das Zitat von Patrick Majerus stammt aus einem unveröffentlichten Fortschrittsbericht (Majerus 2012) der Working Group on Emergencies (WGE) für die Heads of European Regulators Association (HERCA).

543 Das sind Unfälle der INES-Stufe 7 , vgl. Tabelle 1.

544 BMU 2012:38-39 (Tabellen 3-1 und 3-2).

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) der Schweiz lehnt auch nach dem Fukushima-Unglück in seiner Stellungnahme die Berücksichtigung schwerer Kernkraftwerksunfälle der INES-Stufe 7 ab: „*Nach heutigem Wissenstand sind Szenarien mit massiven Fukushima- und Tschernobyl-ähnlichen Freisetzungen nicht repräsentativ für mögliche schwere Unfallabläufe in Schweizer Kernanlagen*“.[545] Dagegen hat die von der japanischen Regierung neu errichtete Atomregulierungsbehörde in einer Studie genau derartige Unfallszenarien der INES-Stufe 7 als zu betrachtende Szenarien postuliert[546]: Entsprechend wurden für sechzehn japanische Kernkraftwerke Ausbreitungs- und Dosisberechnungen zur Verbesserung der regionalen Katastrophenschutzpläne durchgeführt, wobei die in den Unfallszenarien unterstellte freigesetzte Menge an Radioaktivität der Gesamtmenge entspricht, die nach aktuellem Kenntnisstand bei dem Kernkraftwerksunfall aus den Blöcken 1 bis 3 der Anlage in Fukushima freigesetzt wurde.

Schon immer wurden von den Staaten unterschiedliche Freisetzungsszenarien betrachtet und als Grundlage für die derzeit gültigen nationalen anlagenexternen Notfallplanungen bei Kernkraftwerksunfällen verwendet. In einer unveröffentlichten aktuellen Übersicht[547] hat die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) elf Länder untersucht, in denen Informationen zu Freisetzungsszenarien vorliegen: Belgien, Dänemark, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Schweden, Schweiz und die USA. Dabei wurde festgestellt, dass lediglich einige der untersuchten Länder „schnelle Unfallabläufe“ berücksichtigen, z.B. Belgien, Frankreich und die Schweiz. Außerdem sind in nur wenigen Ländern sehr unwahrscheinliche Unfälle mit gravierenden Folgen in die Analyse zur Notfallplanung mit einzubeziehen. So fordert z.B. Finnland, bei „*Befürchtungen von erheblichen Freisetzungen und ohne Information über den Quellterm 100% Edelgase, 10% Jod und 1% übrige Nuklide konservativ abzuschätzen*“.[548] Dies gilt auch für Schweden, wo die Notfallplanung „*auch schlimmste Unfälle [berücksichtigt], wie sie in einer der ersten frühen Risikostudien (WASH-1400) enthalten sind. Dabei werden einige zehn Prozent des Kerninventars an leichtflüchtigen Stoffen (Jod, Cäsium) in die Umgebung freigesetzt*.“.[549] Ein Großteil der untersuchten Länder betrachtet dagegen in der Notfallschutzplanung bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen nur solche mit vergleichsweise geringen radiologischen Auswirkungen. Frankreich berücksichtigt z.B. in der Notfallplanung lediglich eine Unfallklasse, die durch eine „kontrollierte und gefilterte

545 ENSI 2011: 15
546 Nuclear Regulatory Authority Japan 2012
547 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b
548 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b: 44
549 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b: 44, zur WASH-1400 Studie vgl. Nuclear Regulatory Commission 1975

Angabe der Containment-Atmosphäre“ gekennzeichnet ist. Sowohl Unfallszenarien mit einer „frühen Zerstörung der Containmentfunktion“ als auch solche mit einer „späten Zerstörung der Containmentfunktion und einer darauf folgenden ungefilterten Freisetzung der Containment-Atmosphäre“ werden nicht betrachtet. Begründet wird dies damit, dass beide Unfallklassen, die in den probabilistischen Sicherheitsanalysen betrachtet wurden, für französische Anlagen u.a. wegen eines nachgerüsteten Systems zur gefilterten Druckentlastung auszuschließen seien.[550]

Als weiteres Ergebnis der Untersuchung stellt die GRS fest, dass Staaten Referenz-Freisetzungsszenarien festgelegt haben, die aber untereinander nicht vergleichbar sind, weil ihnen nicht dieselben Kriterien zu Grunde liegen. Z.B. hat die Schweiz die Unfallabläufe je nach Kernbeschädigung und Containmentventing in drei Kategorien eingeteilt und für diese repräsentative Referenzszenarien ermittelt, während die Niederlande „*die Notfallzonen […] auf der Grundlage eines Referenzszenarios (einhüllender Quellterm) eingerichtet [hat]*“ .[551]

9.3 Einbettung in ein Global Governance Projekt

Das vorgeschlagene Arbeitsprogramm sollte längerfristiges Ziel eines zu entwickelnden „Global Governance Reformprojekts zur Nuklearen Sicherheit“ sein, das sich als nuclear safety governance in das Konzepts eines nuclear safety regime einfügt, wie es z.B. von Findlay[552] betrachtet und von der Kommission INSAG[553] im Zusammenhang mit einem globalen nuklearen Sicherheitsregime („*global nuclear safety regime”)*[554] vorgeschlagen wird. Nach INSAG sind die Elemente eines globalen nuklearen Sicherheitsregimes[555] die nationale staatliche nukleare Infrastruktur, die Akteure und die Systeme Dabei zählen zahlreiche Institutionen und Netzwerke zu den Akteuren, die sich nach INSAG in gliedern lassen in zwischenstaatliche Organisationen, multinationale Netzwerke zwischen den Regulatoren, multinationale Netzwerke zwischen Operatoren wissenschaftlichen Einrichtungen und internationalen Standardisierungsgremien,, sowie die internationale Nuklearindustrie sowie die Öffentlichkeit, Medien und Nichtregierungsorganisationen. Unter Systemen versteht INSAG Internationale Übereinkommen, internationale Sicherheitsstandards, Experten-Begutachtungen (peer reviews),) Internationale Konferenzen und Arbeitstreffen (workshops), gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte

550 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b: 10
551 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b: 10
552 Findlay 2011
553 *INSAG* ist die *International Nuclear Safety Group,* eine Beratergruppe der Internationalen Atomenergieorganisation IAEA auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit, deren Mitglieder Vertreter von Aufsichtsbehörden, Forschungsinstitutionen oder Organisationen und Unternehmen der Nuklearindustrie sind.
554 International Nuclear Safety Group 2006
555 Vgl. International Nuclear Safety Group 2006: 5

und Verhaltenskodizes (code of conducts) sowie den Austausch von Betriebserfahrungen (operating experience exchange).

Beispiele für die Elemente eines globalen nuklearen Sicherheitsregimes sind nach Findlay[556] und Alger[557] einerseits die Organisationen IAEA[558]; NEA[559], EU und EURATOM[560] und WANO[561] als Akteure und andererseits eine Vielzahl von Übereinkommen Vereinbarungen, Richtlinien bzw. Standards auf den Gebieten der nuklearen Sicherheit, Sicherung und Nichtverbreitung. Unter anderem gehören zur Regulierung der nuklearen Sicherheit bzw. Nuclear Safety Governance die „Convention on Nuclear Safety"[562], die „Joint Convention"[563], die „Guidelines for the management of plutonium[564] und die „IAEA safety standards"[565] in den Bereichen „nuclear safety" (nukleare Sicherheit) und seinem Teilbereich „nuclear emergency preparedness and response" (Notfallvorsorge und –maßnahmen)[566] Zudem sind die „Übereinkommen zum physischen Schutz von Kernmaterial"[567] , Verträge über atomwaffenfreie Zonen[568], multilaterale Rüstungskontrollabkommen[569] sowie Übereinkommen gegen Nuklearterrorismus[570] im Bereich „nuclear security" (nukleare Sicherung) zu nennen. Im Bereich der „non-proliferation" (Nichtverbreitung) gehören Verträge über Kernwaffenversuche und Kernwaffenbesitz, darunter der „Nichtverbreitungsvertrag (NPPT)"[571] und der „Vertrag zum Verbot Kernwaffenwaffenversuchen (CTBT)"[572]) zum nuklearen Sicherheitsregime sowie spezielle Organisationen, die sich im Rahmen der Zusammenarbeit der Regierungen mit Export und

556 Findlay 2011: 100–154
557 Alger 2008
558 Internationale Atomenergieorganisation IAEA (Findlay 2011: 106–112)
559 Nukleare Energieagentur NEA (Findlay 2011: 114)
560 Europäische Union EU und Europäische Atomgemeinschaft EURATOM (Findlay 2011: 114–115)
561 World Association of Nuclear Operators WANO (Findlay 2011: 112–114).
562 Übereinkommen zur nuklearen Sicherheit (Convention on Nuclear Safety) s. Findlay 2011: 103–105
563 Gemeinsames Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and the Safety of Radioactive Waste Management s. Findlay 2011: 117–119)
564 Internationale Richtlinien für das Management von Plutonium (Guidelines for the management of plutonium) Findlay 2011: 119–120
565 Sicherheitsstandards der Internationalen Atomenergieorganisation (Findlay 2011: 119; IAEA 1996, 2010)
566 Findlay 2011: 122–124
567 *Convention on the physical protection of nuclear material* und Amendment to the Convention on the physical protection of nuclear material (Findlay 2011: 131–132)
568 *African nuclear weapon-free zone treaty* (Findlay 2011: 131–132) sowie weitere multilaterale Verträge zu atomwaffenfreien Zonen im Südpazifik, Lateinamerika und Südostasien (Schärf 2008: 79–85)
569 Z.B. die Resolution 1540 des Sicherheitsrates der Vereinten Nationen über die Nichtverbreitung von Massenvernichtungswaffen (security council resolution 1540) s. Findlay 2011: 134–135
570 Z.B. das Internationale Übereinkommens zur Bekämpfung nuklearterroristischer Handlungen (International convention for the suppression of acts of nuclear terrorism) s. Findlay 2011: 132–133
571 Vertrag über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (nuclear non-proliferation treaty) s. Findlay 2011: 141–143
572 Vertrag über das vollständige Verbot von Kernwaffenversuchen (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty) s. Findlay 2011: 151

Kontrolle von Nukleartechnologie befassen.[573] Zu den informellen Non-Proliferations-vereinbarungen und Organisationen zählen das „Zangger-Komitee für die Kontrolle von Nukleartechnologie“ und die „Wassenaar-Vereinbarung für Ausführkontrollen (Wassenaar Arrangement on Export Control for Conventional Arms and Dual-Use Goods and Technologies)“ sowie die „Gruppe der Kernmaterial-Lieferländer (Nuclear Suppliers Group)“. Nach Findlay gibt es für die drei Bereiche Sicherheit, Sicherung und Nichtverbreitung gegenseitige Abhängigkeiten und gemeinsame Prinzipien, so dass die Integration der Bereiche ganzheitlich zu betrachten ist, wenn es um die Stärkung von Global Governance geht: *“„…nuclear safety, nuclear security and nuclear non-proliferation […], it is increasingly recognized that there is a strong relationship between them and that they have to be considered holistically if the global governance of all three is to be strengthened*”.[574] Auch die Gruppe der Acht (G8)[575] hat auf dem Gipfeltreffen in Japan[576] im Jahr 2008 die Ganzheitlichkeit und die Bedeutung der drei Bereiche des globalen nuklearen Sicherheitsregimes betont: „*We, the G8 members, have underlined the paramount importance of nuclear non-proliferation/safeguards, safety and security (‚3S‘ as identified in the IAEA ‚Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power’) in the peaceful uses of nuclear energy*”.[577]

9.4 Ein verfahrensorientierter Ansatz zur europäischen Zusammenarbeit im Notfallschutz als Zwischenlösung

Die Vorschläge zur Harmonisierung des Notfallschutzes in der EU-in Kapitel 9.1 sind sehr ambitioniert. Deren Umsetzung wird viel Zeit in Anspruch nehmen. Um kurzfristig zu Zwischenlösungen in der länderübergreifenden Zusammenarbeit des nuklearen Notfallschutzes zu kommen, wird ein zweigleisiges Vorgehen vorgeschlagen: Parallel zu dem anzustrebenden und nur langfristig umzusetzenden Arbeitsprogramm soll ein verfahrensorientierter Ansatz zur Zusammenarbeit der Staaten beim Krisenmanagement bei erhöhter Radioaktivität (bei Kernkraftwerksunfällen o.ä.) verfolgt werden. Bei dem verfahrensorientierten Ansatz geht es darum, zum Zwecke konsistenter grenzüberschreitender Maßnahmen zur Bewältigung radiologischer Notstandssituationen (emergency exposure situations) lediglich Regelungen zum

573 Findlay 2011: 150–151; Schärf 2008: 71
574 Findlay 2011: 211
575 Zur Gruppe der Acht (G8) gehören die Staats- bzw. Regierungschefs der USA, Großbritannien, Russland, Frankreich, Deutschland, Japan, Kanada und Italien.
576 Beim G8-Gipfel 2008 hat die japanische Regierung die Initiative ergriffen, um die Nutzung der Kernenergie zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu fördern und eine gemeinsame Richtlinien für die Sicherheit von Kernkraftwerken zu verabschieden.
577 MOFA 2008

Austausch von Informationen, Bewertungen und Entscheidungen zu vereinbaren, die zu einem einheitlichen und koordinierten Vorgehen beitragen.

Als Bereiche im Notfallschutzmanagement von Kernkraftwerksunfällen, bei denen grenzüberschreitender Informations-, Koordinierungs- oder Abstimmungsbedarf zwischen staatlichen Stellen besteht, kommen aus Sicht des Verfassers viele Elemente in Frage: die Auslösung einer Warnung oder einer Alarmierung, Informationen über Verhaltensanweisungen durch die Behörden sowie Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung (Verbleiben in Gebäuden oder Aufsuchen von Schutzräumen, Jodblockade, sofortige bzw. spätere Evakuierung) und Maßnahmen in der Landwirtschaft. Weitere Elemente sind die Einschränkungen bei Lebens- und Futtermitteln (Verarbeitung, Inverkehrbringen, Konsum), die Festlegungen von gefährdeten Gebieten sowie Zutrittsbeschränkungen und Verkehrsregelungen in diese Gebiete, zudem die psychologisch-medizinische Betreuung und Versorgung der Bevölkerung, Dekontaminationen und sogenannte „weiche Maßnahmen“ (soft countermeasures), die sich auf Beschränkungen oder Verbote hinsichtlich Einfuhr bzw. Vermarktung beziehen und Lebens- und Futtermittel, Gebrauchsgegenstände, Güter, Transportmittel wie Flugzeuge, Lastwagen und Schiffe betreffen.

Während des gesamten Unfallablaufs erfolgt ein umfangreicher und intensiver Informationsaustausch, der zeitlich gestaffelt ist und folgende Schwerpunkte umfasst: die Erfassung, Einschätzung und Bewertung des Anlagenzustandes der havarierten Anlage, die Beurteilung der radiologischen Situation (Prognose und Diagnose unter Berücksichtigung sowohl berechneter als auch gemessener Werte zu Strahlenbelastungen und Kontaminationen), die Entscheidungen über getroffene Maßnahmen des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge sowie offizielle Pressemitteilungen einschließlich der Verhaltens- und Maßnahmenempfehlungen der zuständigen Behörden.

Nach einer aktuellen Studie[578] der NEA sind für die genannten Themenbereiche im nuklearen Notfall in jedem Land unterschiedliche Ressorts[579] federführend zuständig bzw. beteiligt. Daher ist es zweckmäßig, (möglichst) eine einzige nationale Koordinierungsstelle für alle Bereiche des Notfallmanagements einzurichten, die als „contact point” die Weiterleitung themenspezifisch an die im Land zuständigen Stellen veranlasst. Mit dieser zentralen nationalen Koordinierungsstelle werden die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass im Ereignisfall ein flexibler informeller grenzüberschreitender Informationsaustausch zwischen Verwaltungen, Fachbehörden,

578 „International Countermeasures; Survey of NEA Member 2012“ (Nuclear Energy Agency 2012)

579 Als beteiligte Organisationen werden genannt: nuclear regulator, health, technical nuclear organization or safety agency, emergency management agency, interior affairs, justice, economics, environment ministry (Nuclear Energy Agency 2012: 1).

Sachverständigenorganisationen und Beratungsgremien funktioniert. Von diesem Internationalen Informationsnetzwerk unberührt sind die offiziell etablierten, auf der Basis von Übereinkommen vertraglich vereinbarten internationalen Kommunikationsstrukturen zur frühzeitigen Benachrichtigung bei kerntechnischen Unfällen (zwischen den IAEA-Mitgliedstaaten weltweit bzw. den ECURIE-Mitgliedstaaten in Europa), die weiterhin bestehen bleiben und ihre Funktion erfüllen. Dieser Vorschlag geht über den derzeit von einer internationalen Arbeitsgruppe[580] verfolgten Ansatz einer „Kontaktliste" technischer Experten *(„topical oriented contact list for a rapid coordination between individual experts of radiation protection authorities"*)[581] hinaus.

Für eine „fachbezogene Kontaktliste" (topical oriented contact list) bzw. ein Internationales Informationsnetzwerk sind einige Randbedingungen (principles) genauer festzulegen, um Doppelarbeit zu vermeiden, die Abgrenzung zu Alarmierungssystemen klarzustellen sowie weitere Merkmale zu gewährleisten. Zu diesen Merkmalen, die zu spezifizieren sind, gehören: der informelle Charakter des Informationsaustausch, die Zuordnung zu Rollen statt zu Personen in den Kontaktlisten und der Einsatz auch außerhalb von Notfallsituationen. Nach Majerus bestehen die Rahmenbedingungen („*set of principles*") sinngemäß u.a. in folgenden Anforderungen bzw. Merkmalen: "*not duplicate existing information exchange mechanisms", "not to be designed or used for alerting purposes", "facilitate informal exchange between radiation protection authorities", " usage should be based on a voluntary basis", " numbers of topical areas should be limited between five and seven"* und *"should be used in an outside of emergency situation, independently of the location of the event"*.[582]

Darüber hinaus ist zwischenstaatlich genauer zu klären, welche über die Behörden hinausgehenden beratenden und unterstützenden Stellen in die „topical oriented contact list" aufgenommen werden sollen, zumal diese bei der Analyse, Bewertung und Entscheidungsvorbereitung für die Einleitung von Maßnahmen eine wesentliche Rolle spielen. So wären z.B. im Fall des deutschen Bundesumweltministeriums aus Sicht des Verfassers Stellen zu nennen, die auch bei einem idealerweise in Zukunft einzurichtenden nationalen radiologischen Lagezentrum eine bedeutende Rolle spielen: das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS), der Deutsche Wetterdienst (DWD) sowie das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK).

580 Working Group on Emergencies (WGE) der Heads of European Regulators Association (HERCA)
581 Majerus 2012
582 Majerus 2012

Da die Zuordnung von Zuständigkeiten sehr unterschiedlich ist, wird vorgeschlagen, dass sich die Staaten darauf einigen, was ein mit der „topical oriented contact list“ verbundenes Netzwerk leisten soll. Das Spektrum möglicher Leistungen, die von diesem Netzwerk zu erbringen wären, ist vielfältig. Zum Beispiel können die Anforderungen an derartiges Internationales Informationsnetzwerk vielfältig sein und auf die Themenbereiche Lagedarstellung, Fachberatung, Lagewertung und Entscheidungsvorbereitung sowie auf Unterstützungsaufgaben bezüglich der Information der Bevölkerung, der Umgebungsüberwachung der Umweltradioaktivität sowie der Hilfeleistung beziehen. Im Einzelnen lassen sich die Anforderungen an ein derartiges Netwerk genauer spezifizieren.[583] So sollte die Lagedarstellung in den verschiedenen Unfallsituationen allgemeinverständlich, skalierbar (z.B. regional, national, EU-weit) sein, die Strahlenexposition (effektive Dosis, Aktivitätskonzentration der Luft) oder die Kontamination (von Lebensmitteln und Futtermitteln) betreffen. Je nach Zweck sollte die Lagedarstellung einen zukunftsgerichteten (Prognose mittels Ausbreitungs- und Dosisberechnungen), erläuternden (Rekonstruktion von Ablagerungen radioaktiver Stoffe), bewertenden (potenzielle Gefährdung für Mensch, Tier, Umwelt und Sachwerte) oder abschätzenden Charakter (Ermittlung des betroffenen oder gefährdeten Gebietes) haben. Die Fachberatung soll Entscheidungs- und Handlungsmöglichkeiten für Entscheidungsträger, Behörden und federführende Katastrophenschutzbehörde sowie für weitere Institutionen aufzeigen, die mit der Notfallbewältigung vertraut sind. Zur Fachberatung gehört auch die Bereitstellung radiologischer Fachkompetenz für das Auswärtige Amt und die deutschen Botschaften im Ausland, die Beratung von Hilfsorganisationen bei Einsätzen im In- und Ausland sowie die systematische Aufbereitung von Fachinformationen für die Politik (Parlament, Bundesregierung) und die Unterrichtung von Bundestag und Bundesrat. Die Lagebewertung unter radiologischen und sonstigen für das Katastrophenmanagement relevanten Gesichtspunkten umfasst auch medizinische Aspekte wie die Einschätzung der Lage hinsichtlich der Notwendigkeit medizinischer Maßnahmen, die Aufbereitung von Lagedarstellungen, Dosisrekonstruktionen für Notfallstationen und medizinische Nachsorgestationen sowie das Gesundheitsmonitoring. Die Information der Bevölkerung sowie die Kommunikation und Abstimmung mit anderen nationalen Krisenzentren, ausländischen Stellen, und internationalen Organisationen beinhaltet die Informationsweitergabe von Grundlagen für die Entscheidung über Maßnahmen, von Ergebnissen aus Datenerhebungen, Ausbreitungs- und Dosisabschätzungen und deren graphische Darstellungen

583 Ähnliche Anforderungen, Ideen und Meinungen wurden auf der 132. Sitzung des Ausschusses „*Notfallschutz*“ der Strahlenschutzkommission am 15.02.2012 in Bonn diskutiert, als es um die Frage nach den Funktionen und Aufgaben eines *bundesweiten Radiologischen Lagezentrum in Deutschland* geht, das vor dem Hintergrund des deutschen Atomausstiegs und den damit einhergehenden Kompetenzverlust in den Bundesländern durch die Politik zukünftig geschaffen werden sollte, um den Sachverstand in nuklearen und radiologischen Notfallschutz zu bündeln.

sowie die Bearbeitung von Meldeverpflichtungen aus internationalen Übereinkommen und bilateralen Vereinbarungen. Zur die Unterstützung bei der Ermittlung und Überwachung der Umweltradioaktivität können die Festlegung von Mess- und Probenahmeprogrammen, die Koordinierung der Messdienste einschließlich der Vorgabe von Messaufgaben an dezentrale Messzentralen, das Sammeln, Aufbereiten und Präsentieren von Messdaten sowie das Auswerten und Interpretieren von Messergebnissen gehören. Diese Aufgaben sind, sofern sie sich in Deutschland auf die Strahlenschutzvorsorge als Teilgebiet des nuklearen Notfallschutzes beziehen, im Strahlenschutzvorsorgegesetz[584] geregelt. Zu den Unterstützungsleistungen des Netzwerkes gehören die Beratung bei der Anforderung oder Bereitstellung von Hilfeleistungsangeboten zur Bewältigung kerntechnischer Ereignisse im In- und Ausland sowie die Koordinierung bei der Umsetzung der Hilfeleistung. Dieses internationale Netzwerk und deren Lagezentren sollten jedoch keine Entscheidungsbefugnisse haben, da diese - nach dem Subsidiaritätsprinzip - weiterhin den nationalen oder regionalen zuständigen Stellen im Notfallschutz (Katastrophenschutz und Strahlenschutzvorsorge) vorbehalten sein müssen. Durch die grenzüberschreitenden Kontakte und den Informations- und Erfahrungsaustausch auch außerhalb von Notfallsituationen dürfte es zu einer besser koordinierten Zusammenarbeit bei Vorfällen in Kernkraftwerken oder bei radiologisch relevanten Krisen kommen als dies bisher der Fall ist.

Selbst wenn man den allgemeinen Begriff der Stakeholder auf die Gruppe der Vertreter staatlicher Stellen im internationalen nuklearen Notfallschutz einschränkt, findet man zahlreiche Initiativen, Gremien und Arbeitsgruppen, die sich häufig unabhängig voneinander mit den gleichen Themenfeldern beschäftigen. So sind etliche Initiativen, die zur Verbesserung einer grenzüberschreitenden Zusammenarbeit im Sinne einer Nuclear Risk Governance führen, als Folge der Konsequenzen aus dem Reaktorunfall von Fukushima in einigen internationalen Gremien in der Diskussion. Nach einem unveröffentlichten Dokument[585] der internationalen Working Group on Emergencies (WGE) existieren derzeit insgesamt acht Institutionen und vierzehn Arbeitsgruppen, die international ausgerichtet sind und sich mit dem Notfallschutz befassen. Hierzu zählen 1) die Heads of European Radiological protection Competent Authorities (HERCA) und deren Arbeitsgruppe Working Group on Emergencies (WG-Emergencies), 2) die Nuclear Energy Agency of Organisation for Economic Co-operation and Development

584 StrVG 2008

585 Das Dokument unter dem Titel „*International initiatives and work groups*" wurde am 31.05.2012 in der 9. Sitzung der *Heads of European Radiological protection Competent Authorities* (HERCA) vorgestellt und am 05.07.2012 überarbeitet.

(OECD/NEA)[586] mit ihren sechs Arbeitsgruppen Working Party on Nuclear Emergency Matters (WPNEM), Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH), Expert Group on the Radiation Protection Aspects of the Fukushima Accident (EGRPF), Committee on Nuclear Regulatory Activities (CNRA), Expert Group on Occupational Radiation Protection in Severe Accident Management and Post-accident Recovery (EG-SAM), Working Group on Public Communication of Nuclear Regulatory Organisations (WGPC), 3) innerhalb der Europäischen Union die European Nuclear Safety Regulators Group (ENSREG) als Beratungsgremium der EU-Kommission sowie die European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery (NERIS)[587], 4) die Arbeitsgruppe Working Group-transborder issues der Großregion[588], 5) die Fukushima Dialogue Initiative[589] der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP (International Commission on Radiological Protection, 6) die Arbeitsgruppe Working Group on Mutual Assistance der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) sowie 7) die International Nuclear Regulators' Association (INRA).

Zudem werden unter "International initiatives and working groups" von der WGE noch weitere Aktivitäten genannt, zum Beispiel ein Forschungsprojekt[590] der Europäischen Kommission, um den Status der Regelungen und Vereinbarungen zum grenzüberschreitenden Notfallschutz in Europa zu ermitteln sowie mehrere Arbeitspläne der Internationalen Atomenergiebehörde IAEA, die nach dem Fukushima-Unglück angepasst wurden.

Der Verfasser schlägt vor, auch katastrophale Unfälle in Kernkraftwerken, die bisher wegen ihrer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit zum Restrisiko gehörten und deren Auswirkungen nicht weiter betrachtet wurden, in den nationalen Notfallschutzplanungen in Europa zu berücksichtigen. Das heißt, für Kernkraftwerksunfälle mit erheblicher Freisetzung von Radioaktivität sind Ausbreitungs- und Dosisberechnungen und Analysen zu wirksamen Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung durchzuführen und die Ergebnisse der Analysen in die Notfallschutzplanung des

586 Die Aktivitäten der NEA und ihrer Arbeitsgruppen, die sich mit Aspekten des Notfallschutzes im Zusammenhang mit der Aufarbeitung des Fukushima-Unglücks befassen, sind in Lamarre et al. 2012 dargestellt.

587 Entsprechend den Terms of Reference gehören zu NERIS sowohl "European, national, regional and local authorities, technical support organisations (TSO's), operators and professional organisations" als auch "Research institutes and universities, non-governmental organizations (NGOs), consultants, and national and local stakeholders" (NERIS 2010).

588 Die „Europäische Großregion" oder Großregion („Grande Region of Luxembourg, Wallonie, Lorraine, Saarland, Rheinland-Pfalz (SaarLorLux") ist die Bezeichnung für ein Gebiet, das die Region *SaarLorLux* (Saarland, Lothringen, Luxemburg) sowie Rheinland-Pfalz und Wallonien umfasst.

589 Die Fukushima Dialogue Initiative befasst sich mit dem Thema „*Rehabilitation of Living Conditions after the Fukushima Accident: Lessons from Chernobyl and ICRP Recommendations*" unter Beteiligung von Behörden aus Japan, Frankreich und Norwegen sowie Arbeitsgruppen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP und der Nuklearen Energieagentur NEA (ICRP 2012: 29).

590 Die Spezifikation des Projekts wurde in der Ausschreibung im Juni 2012 veröffentlicht (European Commission 2012b). Das Projektergebnis ist in European Commission 2012a dokumentiert.

anlagenexternen Notfallschutzes einzubeziehen. Dabei sollte die Methodik einer neuen, für das Jahr 2013 angekündigten Publikation der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) übernommen werden, wobei gegebenenfalls Einzelheiten dieser Methodik noch an die Gegebenheiten in Europa anzupassen sind. Diese Publikation[591] der IAEA unter dem Titel „Actions to Protect the Public in an Emergency at a Nuclear Power Plant with a Light Water Reactor or an RBMK"[592] basiert auf den folgenden IAEA Safety Standards zum Notfallschutz: "Requirements (GS-R-2)[593], Guidance on general aspects of emergency preparedness (GS-G-2.1)"[594] und "Generic criteria for developing operational levels (GSG-2)"[595]. Neben diesen Sicherheitsstandards (safety standards) sind auch unterschiedliche länderspezifische Besonderheiten zu beachten.

Unterschiede zwischen Ländern, die sich auf Notfallplanungen auswirken, sind zum Beispiel das Vorhandensein von uneinheitlichen Prognose- und Entscheidungsunterstützungssystemen[596] in den Ländern Mitteleuropas und die Existenz grenznaher Kernkraftwerke und grenzüberschreitender Planungszonen für Schutzmaßnahmen in Europa. Zudem gibt es eine im Vergleich zu Nordamerika hohe Bevölkerungsdichte in europäischen und asiatischen Ländern, die Auswirkungen auf die Durchführbarkeit von Schutzmaßnahmen wie Evakuierung hat. Wegen der geographische Lagen einiger europäischer Länder, die keine Kernkraftwerke besitzen, dürfte in

591 IAEA 2013b. Diese Fassung ist ein Entwurf, der nach einigen Korrekturen noch 2013 als *Technisches Dokument (TECDOC)* der Internationalen Atomenergieorganisation IAEA unter einem anderen Titel veröffentlicht wurde (IAEA 2013a). Auf dieser Basis will die IAEA in einem zwei- bis dreijährigen Abstimmungsverfahren mit den IAEA-Staaten einen maßgebenden Safety Standard für das anlagenexterne Notfallmanagement erarbeiten.

592 Leichtwasserreaktoren (Light Water Reactors) umfassen die in Deutschland installierten Reaktortypen (Druckwasserreaktoren und Siedewasserreaktoren), während sich RMBK auf die Klasse der graphitmoderierten Reaktoren sowjetischer (russischer) Bauart bezieht.

593 Zu Stand und Entwicklung von GS-R-2: Das Safety Requirement unter dem Titel *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency* wurde 2002 von der IAEA in Zusammenarbeit mit sechs anderen internationalen Organisationen, darunter die Nukleare Energieagentur NEA der OECD, die Weltgesundheitsorganisation WHO und die Welternährungsorganisation FAO, 2002 herausgegeben (IAEA 2002). Sie werden derzeit überarbeitet (IAEA 2012a) und dem aktuellen Stand nach dem Fukushima-Unglück angepasst und sollen aktuelle Entwicklungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP zum Notfallschutz berücksichtigen, die untern den Nr. 101, 103 und 109 von der ICRP veröffentlicht wurden (ICRP 2006, 2007, 2009b; ICRP/BfS 2007). Die derzeitige Version (Entwurf mit der Bezeichnung „*DS 457*" in der Version 2.0 vom 31.10.2012) wurde in einem *Technical Meeting for Review of the Draft Safety Requirements in Emergency Preparedness and Response* im November 2012 in Wien mit Vertetern von 66 IAEA-Mitgliedsstaaten und acht internationalen Organisationen (u.a. EC, WHO, WMO und UNSCEAR) mit dem Ziel der Überarbeitung beraten.

594 Der Safety Guide unter dem Titel *Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency* wurde 2007 von der IAEA in Zusammenarbeit mit fünf anderen internationalen Organisationen, darunter die Weltgesundheitsorganisation WHO, die Welternährungsorganisation FAO und die Internationale Arbeitsorganisation ILO, veröffentlicht (IAEA 2007a).

595 Der Safety Standard GSG-2 wurde unter dem *Titel Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency* von der IAEA in Zusammenarbeit mit sechs anderen internationalen Organisationen, darunter die Weltgesundheitsorganisation WHO und die Welternährungsorganisation FAO, 2011 herausgegeben (IAEA 2011a).

596 Z.B. das Computerprogramm RODOS (Ehrhardt 2001; Gering/Raskob 2010; Raskob et al. 2006)

diesen der Katastrophenschutz im Falle von Kernkraftunglücken keine Rolle spielen, so dass lediglich Maßnahmen der Strahlenschutzvorsorge vorzuplanen sind.

Staaten, die diese in der vorliegenden Arbeit Vorschläge umsetzen wollen, entscheiden sich zwangsläufig dafür, auf einen Teil ihrer Unabhängigkeit auf den Gebieten des Notfallschutzes (Emergency Preparedness and Response) zu verzichten und sich im Konsensverfahren zu einem gemeinsamen Konzept zu verpflichten, das nicht den bisher in den europäischen Ländern gültigen nationalen Regelungen entspricht. Unabhängig davon wird mit der Schaffung eines internationalen Regimes im Umgang mit Nuklearunfällen ein Souveränitätsverzicht vor dem Hintergrund der grenzüberschreitenden Auswirkungen bei Kernkraftwerksunfällen mit Freisetzungen radioaktiver Stoffe verbunden sein, zumal die Notwendigkeit zu einem einheitlichen Vorgehen benachbarter Staaten und zu konsistenten Maßnahmen betroffener Staaten erforderlich ist, wie dies durch das Fukushima-Unglück offenkundig geworden ist.

9.5 Vorteile gegenüber Ist-Stand in Europa

Bei Beachtung des Vorschlags zu einer sachgerechten Harmonisierung im Notfallschutz würden Elemente eines internationalen Regimes im Umgang mit Nuklearunfällen in den teilnehmenden Staaten Europas realisiert, was gegenüber dem derzeitigen Ist-Stand zu erheblichen Vorteilen bei der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen führt, die mit konsistenten Maßnahmen, einem Europa-einheitlich hohen Schutzniveau für die Bevölkerungen und weitgehend die Unzulänglichkeiten im Notfallmanagement bisheriger Kernkraft-Unglücke vermeidet. Im einzelnen wird mit der Umsetzung ein einheitliches Zonenkonzept[597] geschaffen, in denen im Ereignisfall gestaffelte Schutzmaßnahmen an Hand eindeutiger Kriterien für vorab eindeutig festgelegte Gebiete geregelt sind[598], eine priorisierte Folge von angemessenen Schutzmaßnahmen („urgent protective actions, protective actions, other response actions“) in einer vorab festgelegten zeitlichen Reihenfolge bedarfsgerecht und länderübergreifend festgelegt.[599] Zudem werden medizinische Vorsorge-, Schutz- und Monitoringmaßnahmen für die Bevölkerung frühzeitig an

597 Vgl. IAEA 2013b. Es werden *emergency zones* (EZ), bestehend aus *Precautionary action zones* (PAZ, Radius zwischen 3 und 5 km) und der *Urgent protection action planning zones* (UPZ, Radius zwischen 15 und 30 km bei Kernkraftwerken mit mehr als 1000 Watt thermischer Leistung bzw. zwischen 10 und 20 km bei Kernkraftwerken mit einer thermischen Leistung im Bereich von 100 bis 1000 Megawatt) definiert, deren Abstandsradien von dem Kernkraftwerken auf Grund von Unfallszenarien und deren radiologische Auswirkungen festgelegt wurden. Zudem werden für die Schutzmaßnahmen *food, milk and drinking water restrictions* Gebiete festgelegt, deren Abstand (extended planning distance, EPD) von der thermischen Leistung des Kernkraftwerks, gemessen in MW(th) abhängig ist: 100 km bei über 1000 MW(th) und 50 km bei Werten von 100 bis 1000 MW(th). Für Strahlenschutzmaßnahmen in Bezug auf Waren (commodities) und Nahrungs- und Futtermitteln wird entsprechend eine *ingestion and commodities planning distance* (ICPD) festgelegt: 300 km bei über 1000 MW(th) und 100 km bei Werten von 100 bis 1000 MW(th).

598 IAEA 2013b: 18–23

599 IAEA 2013b: 22–23

Hand abgestimmter Kategorien (*„severe health effects“, „intermediate medical examination, consultation and treatment“ und „later medical screening and follow-up“)* vorbereitet[600] und ein Teil der Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen (soft countermeasures), der sich z.B. auf den internationalen Handel und die Einfuhren von Gütern bezieht,[601] einheitlich geregelt. Weitere Vorteile ergeben sich aus der Verwendung eines international einheitlichen Klassifikationssystems für Notfälle (mit den Kategorien „General Emergency”, “Site Area Emergency”,“Facility Emergency” und “Alert”), dessen Erläuterung für die Bevölkerung in den betroffenen Staaten entsprechend der „*Plain language explanation for the public*“[602] nachvollziehbar ist[603] sowie aus dem einheitlichen, ggf. grenzüberschreitenden Vorgehen entsprechend einem vorgegebenen Ablaufplan, der unmittelbar nach Feststellung eines „General Emergency“ das Notfallmanagement bestimmt und die aufeinander bzw. parallel umzusetzenden Aktivitäten festlegt. Dabei beziehen sich die Aktivitäten auf die Maßnahmen Jodblockade, Verbleiben in Gebäuden oder Evakuierung[604] in den Notfallzonen (emergency zones) sowie Maßnahmen in den Gebieten EPD[605] und ICPD[606]. Die Anwendung eines konsistenten Systems von abgeleiteten Richtwerten (Operation Intervention Levels, OIL), die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie messbar[607] sind und bei Überschreiten zur Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung führen, stellt sicher, dass die Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen grenzüberschreitend nach einheitlichen Kriterien und in den betroffenen kontaminierten Gebieten nicht widersprüchlich erfolgt. Durch den Einsatz eines für die Kommunikation mit Öffentlichkeit und Entscheidungsträgern geeigneten Klassifikationssystems[608] zu Gesundheitsrisiken bei nuklearen Unfällen wird den betroffenen oder

600 IAEA 2013b: 29–31

601 IAEA 2013b: 32. Eine Dokumentation der NEA, aus der die Uneinheitlichkeit der nach dem Reaktorunfallfall von Fukushima von den NEA-Mitgliedsstaaten durchgeführten Strahlenschutzvorsorge-maßnahmen hervorgeht, wurde nicht veröffentlicht (NEA 2011).

602 Vgl. IAEA 2013b: 14–15 und die dort angegenen Mustertexte für die Beschreibung der „*Emergency Classes*“ für die Öffentlichkeit bzw. die Tabelle 1 “*Description of the Emergency Classes“*.

603 IAEA 2013b: 12–17

604 Entsprechend diesem Ablaufplan ist bei Kernkraftunfällen mit erheblichen radiologischen Auswirkungen darunter die schweren Unfälle der INES-Stufe 7, als Sofortmaßnahme eine *Iodblockade* der Schilddrüse sowie eine Evakuierung vorzusehen, die zeitlich gestaffelt zuerst in der „*Precautionary action zone (PAZ“)* und dann in der „*Urgent protection action planning zone (UPZ)“* erfolgt.

605 Hierzu zählen im Ereignisfall eines „General Emergency“ in der „Extended planning distance“ u.a. die Schutzmaßnahmen a) „reduction of inadvertant ingestion“ und b) „dose rate monitoring to locate hotspots“ (IAEA 2013b: 19).

606 Zu den Maßnahmen in der „*Ingestion and commodities planning distance (ICPD)“* zählen bei einem „*General Emergency“* u.a. Schutzmaßnahmen in der Landwirtschaft (bezogen auf Vieh, Regenwasser, Futtermittel, Milch) sowie auf Maßnahmen zur Vermeidung des Verzehrs von kontaminierten Nahrungsmittel oder Trinkwasser (IAEA 2013b: 19).

607 Bei den abgeleiteten Richtwerten OIL1, OIL2, OIL3, OIL4 und OIL8, werden z.B. Dosisleistungen (in MikroSivert pro Stunde) gemessen, wobei Bodenstrahlung (OIL1, OIL2, OIL3) bzw. Dosen, die sich auf Hautkontamination (OIL4) und die Strahlenbelastung der Schilddrüse (OIL8) beziehen, während OIL7 die Aktivitätskonzentration (gemessen in Becquerel pro Kilogramm) von Nahrungsmittel misst und sich auf die Konzentration der Leitnuklide Iod-131 und Cäsium-137 bezieht.

608 Das vierstufige System der *Health Hazard in Perspective* der IAEA besteht aus den folgenden Klassen, die an spezifische Bedingungen und Verhalten der Öffentlichkeit geknüpft sind: 1) *„Safe/There is no hazards to health*“,

potenziell betroffenen Personen die Möglichkeit gegeben, sich vor den gesundheitlichen Gefahren der Kernenergie und den schädlichen Wirkungen der Strahlung zu schützen und zu erfahren , ob sie „*sicher (safe)*“ sind, wobei unter “*safe*“ per IAEA-Definition ein Zustand verstanden wird, der entsprechend den internationalen Sicherheitsstandards keine Schutz- oder sonstigen Maßnahmen erforderlich macht: „*The definition of safe is understood as meeting international safety standards for which no protective or other response actions need to be taken*”.[609] Zudem ist zur Verbesserung der Krisenkommunikation ein Set von Karten (Charts[610]) verfügbar, das zum leichteren Verständnis für Öffentlichkeit und Entscheidungsträger bei der Frage der Eignung und Angemessenheit bestimmter Schutzmaßnahmen und Vorsorgemaßnahmen beiträgt.

Die Umsetzung des Vorschlags zum Beispiel in den europäischen Staaten hätte den Vorteil, dass erstmals ein konsistentes, umfassendes und länderübergreifendes Notfallschutzkonzept[611] eingeführt würde, das dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Es geht über die bisher in Europa vorhandenen Systeme des Informationsaustausches[612] hinaus. Es steht im Einklang mit den Zielen, die die EU-Kommission zur Überarbeitung der sogenannten EURATOM-Grundnormen[613] ca. sechs Monate nach dem Fukushima-Reaktorunfall vorgeschlagen hat: „*Im Bereich des Umgangs mit Notfallexpositionssituationen sollte das derzeitige Konzept auf der Basis von Interventionsschwellen durch ein umfassenderes System ersetzt werden, das Bedrohungsanalysen, ein Notfallmanagementsystem, Notfallpläne für ermittelte Bedrohungen*

---

2) „*Provisionally safe/safe if certain specified limitations are followed*“, 3) „*Health concerns/The danger to health is low. As a precaution register or medical screening*“, 4) „*Possibly dangeous to health/Register for medical examination*“ (IAEA 2013b: 51).

609 IAEA 2013b:49

610 Die Charts 1 bis 4 (IAEA 2013b: 56–65) beziehen sich auf „*measured operational quantities in perspective*“, d.h. auf Dosisleistungen („*dose rate at 1m above groundlevel*“, “*dose rate at 10 cm from the skin*“) und auf Aktivitätskonzentrationen („*concentration of I-131 in food, mik or drinking water*” und „*concentration of Cs-137 in food, milk or drinking water*“). Die Charts 5 und 6 (IAEA 2013b: 71–76) beziehen sich auf “*calculated doses to the health hazards*”, wobei verschiedene Dosen als Ergebnisse von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus einem Kernkraftwerk (Leichtwasserreaktor LWR oder RBMK-Reaktor) oder einem Brennelementbecken („*organ doses from a release of radioactive material from a reactor or spent fuel of a LWR or RBMK*“, „*effective dose from from a reactor or spent fuel of a LWR or RBMK*“) berücksichtigt werden.

611 Das in Deutschland als untergesetzliches Regelwerk etablierte Notfallschutzkonzept ist nach Auffassung des Verfassers umfassender als das der meisten anderen Staaten. Verglichen mit dem vorgeschlagenen neuen Konzept der Internationalen Atomenergieorganisation weist der gegenwärtige Stand der nationalen Regelungen einige *Lücken* auf, z.B. hinsichtlich der Planungszonen und der strikten Vorgaben bei der vorsorglichen Evakuierung, die sowohl neuere Dosis- und Ausbreitungsrechnungen, erweiterte Unfallszenarien und Erfahrungen insbesondere aus dem Kernkraftwerksunfall von Fukushima und dessen Notfallmanagement beinhalten.

612 Diese Systeme („the early notification system ECURIE, the automatic data exchange platform EURDEP and the atmospheric dispersion model exchange and evaluation system ENSEMBLE”) waren bei Fukushima-Unglück im Einsatz, vgl. De Cort et al. 2011.

613 Aktuelle Entwurfsfassung vom 30.5.2012 (Europäische Kommission 2012b: 16–132), aus der sich später die im Dezember 2013 verabschiedeten neuen EURATOM Grundnormen (Richtline 2013/59/EURATOM des Rates der Europäischen Union) entwickelt haben. Diese neue Richtlinie EURATOM 2013 ersetzt die bisherigen Euratom-Grundnormen zum Strahlenschutz von 1996 (EURATOM 1996).

sowie im Voraus geplante Strategien für den Umgang mit postulierten Ereignissen beinhaltet".[614] In den derzeit (bis Dezember 2013) gültigen EU-Grundnormen[615] sind Notfall-Expositionssituationen noch nicht erfasst, da die bisherigen Regelungen des Strahlenschutzes nahezu ausschließlich den Arbeitsschutz betrafen.

Die vorgeschlagene Übernahme der im Folgenden als „IAEA-Standard" bezeichneten Methodik in Form einer neuen Publikation der Internationalen Atomenergieorganisation würde auch einige Regelungslücken in den nationalen Notfallschutzplanungen schließen. Dazu gehören die Entscheidung über Katastrophenschutzmaßnahmen ohne Kenntnis eines Quellterms im Falle schwerer Kernkraftwerksunfälle, die Festlegung von generischen Kriterien (generic criteria) sowie die Festlegung auf drei repräsentative Fälle bzw. Klassen (typical case, reasonable maximum case und special case) zur Bestimmung von der Dosisberechnungen.

Die nationalen Zuständigkeiten für den Notfallschutz (emergency and response) sind unterschiedlich geregelt, zum Teil sind für den anlageninternen und anlagenexternen Notfallschutz verschiedene staatliche Stellen zuständig. Entsprechend repräsentiert keine der genannten internationalen Gremien sämtliche Entscheidungsträger der competent authorities. Jedoch dürfte WENRA, bestehend aus den „top nuclear regulators" in Europa, am ehesten als das geeignete europäische Gremium in Frage kommen: der anlageninterne Notfallschutz war schon bisher Aufgabe der Regulatoren und es wäre - im Sinne einer ganzheitlichen Vorgehensweise im Notfallmanagement - angemessen, wenn sich WENRA auch der Regelung und internationalen Harmoniserung des anlagenexternen Notfallschutzes annehmen würde. Der Verfasser regt daher an, dass in Europa die Entscheidungsträger in den relevanten internationalen Gremien WENRA, HERCA und ENSREG die politische Entscheidung treffen, ihr nationales Regelwerk entsprechend dem o.g. Vorschlag an den „IAEA-Standard" anzupassen. Die vollständige Anpassung in den europäischen Staaten sollte in einer vorgegebenen Frist geschehen, wobei als Zwischenschritt ein von den Gremien beauftragter Kreis von Experten innerhalb eines Zeitraumes von zwei bis drei Jahren einen Entwurf für einen auf europäische Verhältnisse angepassten „IAEA Standard" vorlegt[616], der den Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt. Über Fortschritte des Anpassungsprozesses und über die Kompatibilität der nationalen Notfallkonzepte mit dem „IAEA-Standard" sollte in einem internationalen peer review Verfahren der zuständigen nationalen Aufsichtsbehörden (competent authorities) Rechenschaft abgelegt werden.

614 Europäische Kommission 2011b: 20
615 EURATOM 1996
616 Der „IAEA Standard" orientiert sich wesentlich stärker an US-Konzepten im Notfallschutz, z.B. an Nuclear Regulatory Commission 2003, als an europäischen Regelungen.

10. Schritte zur Verbesserung des Nuclear Safety Regimes. Aktuelle Entwicklungen

Während im Kapitel 9 Vorschläge zur einer Verbesserung des Notfallregimes aus Sicht des Verfassers gemacht wurden, sollen in diesem Kapitel die weltweiten Aktivitäten der Regulatoren (Aufsichtsbehörden) und anderer an der Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen maßgeblich beteiligten Gremien betrachtet werden, die in den Jahren 2011 und 2012 nach dem Reaktorunfall von Fukushima stattgefunden haben und sich mit der Verbesserung der nuklearen Sicherheit und des Notfallschutzes befassen. Die damit befassten hochrangigen Konferenzen und Ergebnisse (Erkenntnisse, Schlussfolgerungen und Forderungen sowie Deklarationen) tragen zu einer Stärkung des Nuclear Safety Regimes bei. Im zweiten Teil dieses Kapitels werden die aktuellen Maßnahmen und Entwicklungen auf europäischer Ebene und auch weltweit betrachtet, die die Entwicklung zum Aufbau eines komplexen Regelsystems zur nuklearen Sicherheit im Rahmen einer Nuclear Risk Governance vorantreiben.

Über die grenzüberschreitende Standardisierung des Notfallkonzepts nach „IAEA-Standard“ hinaus sollte das globale Nuclear Safety Regime so erweitert werden, wie es in einigen Beiträgen auf den IAEA-Konferenzen und –Tagungen im Zusammenhang mit dem Fukushima-Unglück seit 2011 angeregt wurde. Insbesondere betrifft dies Beiträge und Ergebnisse folgender Veranstaltungen bzw. Aktivitäten: die IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety[617] vom 20. bis 24. Juni 2011 in Wien, das Second Extraordinary Meeting and Sixth Organizational Meeting of the Contracting Parties to the Convention on Nuclear Safety vom 27. bis 31. August 2012[618], die Ministerdeklaration und die Unterstützung eines Aktionsplans (action plan)[619] der IAEA durch Verabschiedung im Gouverneursrat und in der Generalkonferenz der IAEA im September 2011[620]

617 Schwerpunkte der Konferenz waren drei Working Sessions zu den Themenfeldern „Preliminary Assessment of the Accident at TEPCO's Fukushima Power Stations and Actions for Safety Improvements“, “Emergency Preparedness and Response”, “Lessons Identified/Learned in Response to the Accident at TEPCO's Fukushima Power Stations: The Way Forward” (IAEA 2011b, 2011d, 2011e).

618 Zu den “Main Conclusions” gehört ein verstärkter Notfallschutz: „The Contracting Parties agreed that on-site and off-site emergency preparedness should be enhanced to ensure the public is adequately protected from all events, including severe accidents” (IAEA 2011d).

619 Entsprechend einer Forderung der Ministerdeklaration soll der Action Plan hinsichtlich der nuklearen Sicherheit ein breites Spektrum abdecken: “*Request[ed] the IAEA Director General to present the […] Action Plan covering all the relevant aspects relating to nuclear safety, emergency preparedness and response, and radiation protection of people and the environment, as well as the relevant international legal framework*” (IAEA 2012c: 14). “*The ultimate goal of the Action Plan is to strengthen nuclear safety, emergency preparedness and radiation protection of people and the environment worldwide*“ (IAEA 2012f: 1).

620 Der IAEA action plan, dessen Zweck es ist “*to define a programme of work to strengthen the global nuclear safety framework*“ (IAEA 2011c: 2), besteht aus 12 “*actions*”, darunter ist auch der Notfallschutz mit dem Ziel “*to review and strengthen the international emergency preparedness and response framework*” berücksichtigt (IAEA 2011c: 3).

sowie die Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety vom 15. bis 17. Dezember 2012 in Koriyama (Japan)[621].

Nachdem die nationalen Stresstests, die von den IAEA-Mitgliedstaaten initiiert wurden, weltweit nahezu abgeschlossen sind und die Ergebnisberichte vorliegen[622], wurde als „Lessons learned" Ende 2012 in der Fukushima Ministerkonferenz festgestellt[623], dass der Fokus auf Schadensminderung bei Unfällen nicht zu Lasten der Schadensvorsorge gehen darf, sondern beide Aspekte von Bedeutung sind[624], weiterhin ein großer Bedarf zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit besteht[625], wobei dies als ein ständiger Prozess angesehen wird,[626] sowie das Vorhandensein einer ausgeprägten Sicherheitskultur von enormer Wichtigkeit ist.[627] Zudem müssen das gestaffelte Sicherheitskonzept (defense in depth) erweitert[628], der Fokus auf internationale peer reviews[629] für Betreiber und Aufsichtsbehörden sowie ein offenes und transparentes Vorgehen gegenüber der Öffentlichkeit gelegt[630] und bestimmte Aspekte von Sicherheitsanforderungen (safety requirements) bei Extrembedingungen beachtet werden[631], wobei die internationale Zusammenarbeit wegen der möglicherweise grenzüberschreitenden Folgen nuklearer Unfälle wesentlich ist.[632] Nach dem Fukushima-Unglück ist die Bedeutung der

621 Die Ministerkonferenz fand in der Prefektur Fukushima vom 15 bis 17. Dezember 2012 statt. Die drei Working Sessions der Konferenz befassten sich mit den Themen: „*Lessons Learned from the Accident at TEPCO's Fukushima Power Stations*", „*Strengthening Nuclear Safety, Including Emergency Preparedness and Respnse, in the Light of the Accident at TEPCO's Fukushima Power Stations*" und "*Protecting of People and the Environment from Ionizing Radiation*" (IAEA 2012d, 2012e).

622 Die Stresstests dienten den Zielen "to ensure plant robustness to extreme events" (IAEA 2012e:3), wobei zugleich betont wird, dass weitere Arbeiten zu leisten sind: "more work needs to be undertaken to explore what constitutes a consistent design basis and how much safety margin is reasonable for establishing adequate beyond design basis robustness" (IAEA 2012e: 4; MOFA/IAEA 2012).

623 IAEA 2012e: 3; MOFA/IAEA 2012

624 "…any proposed additional measures to mitigate the impact of severe accidents should not be carried out at the expense of the attention given to prevention of accidents; both these aspects need to be properly supported" (Working Session 1 Punkt 12;(IAEA 2012e: 3; MOFA/IAEA 2012)

625 "… a large amount of work will need to be carried out by the IAEA, its Member States and others in the coming years to improve nuclear safety worldwide." Working Session 1 Punkt 7 (IAEA 2012d: 3; MOFA/IAEA 2012)

626 "Strengthening nuclear safety should always be considered a work in progress". Working Session 2 Punkt 16;(IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012)

627 "*The establishment of a robust and enduring safety culture is crucial. […] that are needed to embed the attributes of a strong safety culture, such as open reporting and learning, in a prevailing, more established culture*" .Working Session 1 Punkt 13 (IAEA 2012e: 4; MOFA/IAEA 2012)

628 „*While the concepts set out in the strategy for defence in depth remain sound, the application of defence in depth requires further enhancement*." Hierzu werden zahlreiche "*areas for enhancement*" aufgeführt. Working Session 1 Punkt 14 (IAEA 2012e: 5; MOFA/IAEA 2012).

629 "*Transparency of the results of the peer review services is essential for enhancement of safety*" ,Working Session 2 Punkt 4 (IAEA 2012e: 7; MOFA/IAEA 2012)

630 Vgl. Working Session 1 Punkt 15;IAEA 2012e: 5; MOFA/IAEA 2012

631 „*… consideration is being given to strengthening safety requirements in areas such as dealing with prolonged loss of power, properly identifying potential external hazards and ensuring safety under severe accident conditions*", Working Session 2 Punkt 6 (IAEA 2012e: 5; MOFA/IAEA 2012).

632 "*The radiological consequences of a nuclear or radiological emergency do not respect national boundaries; therefore, effective international cooperation is vital to ensure the protection of people from unplanned exposures to ionizing radiation*", Working Session 3 Punkt 2; (IAEA 2012e: 10; MOFA/IAEA 2012).

Notfallschutzvorsorge und -bewältigung auf allen Ebenen zu stärken[633], wobei im Falle der Bewältigung eines Notfalls, wie sich gezeigt hat[634], eine verstärkte, koordinierte und ressortübergreifende Zusammenarbeit aller beteiligten Stellen erforderlich ist[635]. Der Auf- und Ausbau eines internationalen Netzwerks zur Hilfeleistung bei nuklearen Unfällen oder radiologischen Notfällen bedarf weiterer Anstrengungen[636], es besteht die Notwendigkeit zur verbesserten, effektiven Kommunikation mit der Öffentlichkeit und mit Stakeholdern[637], wobei die Informationen zeitgerecht, widerspruchsfrei und im Einklang mit wissenschaftlichen Erkenntnisse stehen[638] sowie im Kontext mit dem gesellschaftlichen und politischen Umfeld[639] erfolgen sollen. Klare Richtlinien für den Übergang von Notfall-Expositionssituation zu einer bestehenden Expositionssituation und für die Stakeholder-Beteiligung sind zu entwickeln[640], das Abfallproblem bei den Sanierungsarbeiten in geeigneter Weise zu lösen[641] sowie effizientere und effektive Optimierungstechniken im Rahmen der Sanierung anzustreben.[642]

Diese genannten Elemente dienen dazu, weltweit ein effektives nukleares Sicherheitsregime und die dazu erforderlichen Rahmenbedingungen auf dem Gebiet der nuklearen Sicherheit zu schaffen. In der Fukushima-Ministerkonferenz wird in ähnlicher Weise unter Verweis auf den Fukushima-Unfall an diese Zielstellung erinnert: „*The Fukushima Daiichi accident reminds us of the imperative of establishing an effective nuclear safety regulatory framework, including an*

---

633 „*The Fukushima Daiichi accident reinforced the importance of emergency preparedness and response at all levels—local, national and international",* Working Session 2 Punkt 9 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

634 Die Bewältigung der Lage nach dem Fukushima-Unglück erfolgte in Deutschland in enger Zusammenarbeit mit dem Krisenstab des Auswärtigen Amtes. Daneben bestand ein kontinuierlicher Informationsaustausch mit Kanzleramt und anderen Ministerien zwecks Abstimmung zu verschiedenen Themenbereichen: 1) *„Belastung von Lebensmitteln*" (BMELV, Bundesminsisterium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), 2) „*Einfuhrkontrollen*" (BMF, Bundesfinanzministerium), 3) „*Schifffahrt und Wetterlage*" (BMVBS, Bundesministerium für Verkehr, Bauwesen, Städtebau, Raumordnung und Wohnungswesen), und 4) zur „*Lage in Tokio*" (AA, Deutsche Botschaft des Auswärtigen Amts in Japan).

635 "*Strong coordination among all involved organizations—such as competent authorities and professionals in the areas of health, food safety, civil defence, radiation protection, environment, transport, commerce and customs—is required for effective implementation of remediation strategies after a nuclear or radiological emergency*", Working Session 3 Punkt 11 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

636 Vgl. Working Session 2 Punkt 11 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

637 "*There is a need to ensure more effective communication to the public and all other stakeholders in order to regain public trust*", Working Session 2 Punkt 15 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

638 *"It is very important to have early, routine communication and to have 'one voice' based on 'good science'*", Working Session 3 Punkt 19 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

639 "*In communication with the public, health, environmental, economic, social, psychological, cultural, ethical and political considerations should be taken into account, many of which may influence the actions taken. Effective communication will help in handling the effects of social and economic pressure, including post-traumatic stress disorder, depression and fear*" Working Session 3 Punkt 18 (IAEA 2012e: 8; MOFA/IAEA 2012).

640 „*For an effective transition from an emergency exposure situation to an existing exposure situation, and for remediation of affected areas, clear guidance should to be developed at the national level with the involvement of all stakeholders*", Working Session 3 Punkt 6 (IAEA 2012e: 10; MOFA/IAEA 2012).

641 Vgl. Working Session 3 Punkt 7 (IAEA 2012e: 10; MOFA/IAEA 2012).

642 "*It is important to seek more efficient and effective technologies for optimizing remediation from the perspectives of safety, cost and time through R&D and demonstration projects*", Working Session 3 Punkt 9 (IAEA 2012e: 10; MOFA/IAEA 2012).

independent (in law, practice and culture) effective expert regulator that is credible, trusted, competent and adequately resourced".[643] Auch wenn in der Ministerkonferenz in Koryama anerkannt wird, dass seit der Einführung des IAEA Action Plan signifikante Fortschritte gemacht wurden, wird darauf hingewiesen, die derzeitige Entwicklung zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit zum Schutz von Mensch und Umwelt fortzuführen: „*It is important for all those involved—whether nuclear regulators, plant operators, governments or international organizations—to maintain the momentum gained in the 15 months since the adoption of the Action Plan in the collective drive to improve nuclear safety in the area of protection of people and the environment around the world*."[644]

Die Ministerkonferenz, an der 115 Staaten und zahlreiche Internationale Organisationen teilnahmen, diente dem Ziel der Verbesserung der nuklearen Sicherheit. Deren Umsetzung wird vorrangig in der Implementierung und Befolgung des IAEA-Aktionsplans aus dem Jahr 2011, der Stärkung der Konvention zur Nuklearen Sicherheit sowie in weiteren Einzelmaßnahmen (strengere Auswahlverfahren für Kernkraftwerk-Standorte, besseren Auslegungen von Kernkraftwerken, Unabhängigkeit der Regulierungsbehörden, peer reviews und verbesserten Informations- und Datenaustausch bei Nuklearunfällen) gesehen.

Die Interessen der Staaten nach dem Fukushima-Unglück sind, wie sich zeigte, unterschiedlich: Länder mit Kernkraftwerken möchten Vertrauen der Bevölkerung wiedergewinnen, Länder ohne Kernenergienutzung möchten von den Folgen von Nuklearunfällen verschont bleiben, indem eine verbesserte Sicherheit im Betrieb sowie verbindliche Sicherheitsstandards und Verträge im Rahmen der nuklearen Sicherheitskonvention eingeführt werden. Einzelne Vorschläge betrafen z.B. den Aufbau einer „international rapid reaction force" zur Unterstützung bei der Bewältigung von Nuklearunfällen sowie ein verbessertes globales nukleares Haftungsregime bei Unfällen mit radiologischen Folgen. Insgesamt ist durch die Konferenz die Rolle der IAEA als zentrale internationale Organisation bei Nuklearfragen gestärkt worden.

In ca. einem Jahrzehnt wird in Deutschland der Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie für die Stromerzeugung abgeschlossen sein. Gleichwohl ist es zweckmäßig, über diesen Zeitraum hinaus ausreichend personelle Ressourcen und Expertise in Verwaltung und Wissenschaft auf den Gebieten der nuklearen Sicherheit und des Notfallschutzes verfügbar zu haben, denn: Eine kompetente fachliche Beratung von Politik und Gesellschaft ist erforderlich, da weiterhin die Vorbehalte gegen die Nutzung der Kernkraft (z.B. im benachbarten Ausland) sowie die Risiken

643 Working Session 1 Punkt 4 (IAEA 2012e: 10; MOFA/IAEA 2012)
644 Working Session 3 Punkt 25 (IAEA 2012e: 12; MOFA/IAEA 2012)

dieser Technologie bestehen bleiben und der Staat weiterhin verpflichtet ist, im Falle eines kerntechnischen Unfalls entsprechend dem Atomgesetz „*Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen*“.[645]

Maßnahmen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit auf europäischer Ebene wurden, koordiniert zwischen Europäischem Rat, Europäischer Kommission und der Gruppe der europäischen Aufsichtsbehörden für nukleare Sicherheit (ENSREG), als Lehre aus dem Reaktorunglück in Fukushima in einem als Stresstests benannten Verfahren eingeleitet. Die Stresstests wurden in den Jahren 2011 und 2012 unter Einbeziehung der Mitgliedsstaaten, des Verbandes der Westeuropäischen Aufsichtsbehörden (WENRA) und Beteiligung der Anlagenbetreiber durchgeführt. Diese Stresstests in der Europäischen Union umfassen Risiko- und Sicherheitsbewertungen von Kernkraftwerken, die zur Klärung der Frage beitragen, ob die Anlagen im Fall extremer Bedingungen auf Notfälle vorbereitet sind. Ergebnis des mehrstufigen Verfahrens sind 17 nationale Berichte[646] mit Empfehlungen zu einzelnen Kernkraftwerken und ein Gesamtbericht der ENSREG, der sich auf die gegenseitigen Überprüfungen (peer reviews) bezieht, die an 23 Kernkraftwerksstandorten durch Sachverständige aus den Mitgliedstaaten durchgeführt wurden. Zu den Erkenntnissen der europäischen Stresstests gehören, dass „*so gut wie alle*“ Kernkraftwerke im Hinblick auf die Sicherheit verbessert werden müssen, „*Hunderte von Maßnahmen zur technischen Nachrüstung*“ ermittelt wurden und “*in vielen Fällen*“ die nach den Unfällen von Three Mile Island und Tschernobyl weltweit vereinbarten Maßnahmen zum Schutz von Kernkraftwerken noch nicht umgesetzt sind.[647] Mehrere zentrale Probleme, die aufzeigen, dass die nukleare Sicherheit in der Europäischen Union durch die Mitgliedstaaten uneinheitlich und in Bezug auf die Regulierungszuständigkeiten nicht explizit genug geregelt ist, wurden in der Mitteilung der EU-Kommission aufgeführt, darunter die uneinheitliche Beurteilung und Behandlung der Anlagensicherheit von außen, unzureichende Leitlinien für das Vorgehen bei schweren Unfällen und Verbesserungsbedarf bei der Sicherheitskultur bei Ermittlung und Behandlung der nuklearen Sicherheit.[648] Entsprechend einem Entschließungsantrag des Europäischen Parlaments[649] wird erwartet, dass die Ergebnisse der Stresstests für alle 165 Reaktoren, davon 145 in der Europäischen Union, „*dazu beitragen werden, die Kultur der*

645 Nach §1 Abs.2 des Atomgesetzes (Ziegler 2011: 14)

646 Die 17 Berichte stammen von der Schweiz und der Ukraine sowie von 14 Mitgliedstaaten der Europäischen Union, die Kernkraftwerke betreiben (Belgien, Bulgarien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Schweden, Tschechien, Ungarn) und von Litauen, dessen Kernkraftwerk Ignalina stillgelegt wird.

647 Europäische Kommission 2012a: 10

648 Europäische Kommission 2012a: 8

649 Europäisches Parlament 2012

nuklearen Sicherheit in Europa zu stärken", wobei jedoch kritisch bemerkt wird, dass wegen des begrenzten Untersuchungsumfangs und der Einschränkung auf „*die Belastbarkeit von Kernkraftwerken im Fall schwerwiegender äußerer Ereignisse und die entsprechenden Vorsorgemaßnahmen […] die Stresstests […] kein Ersatz für eingehendere Sicherheitsüberprüfungen von Kernkraftwerken sein können*". Auch sind zu der Frage, ob die Notfallpläne angemessen sind, Prüfungen durchgeführt worden, die sich auf technische Komponenten und vorrangig anlageninterne Vorkehrungen[650], nicht jedoch auf die Notfallvorsorge in der Umgebung von Anlagenstandorten bezogen. Insbesondere wird in dem Entschließungsantrag unter Bezugnahme auf 111 Reaktorblöcke an 47 Kernkraftstandorten in Europa mit mehr als einhunderttausend von Unfällen möglicherweise betroffenen Einwohnern - aus Sicht des Verfassers ein Mangel - darauf verwiesen, dass „*der Umfang der Stresstests nicht auf die Notfallvorsorge außerhalb der Kernkraftwerke ausgedehnt wurde*"[651]. Die Europäische Kommission hat auf diesem Gebiet des anlagenexternen Notfallschutzes, einer Bitte der EU-Rats folgend [652], eine Studie im Jahr 2012 in Auftrag gegeben, dessen Ergebnisse bis Ende 2014 vorliegen sollen. Ein Teilergebnis dieser Studie soll ein Überblick über die derzeitigen Situation des anlagenexternen Notfallschutzes sein, was wegen der geteilten Zuständigkeiten nationaler, regionaler und lokaler Stellen und der grenzüberschreitenden Auswirkungen von Schutzmaßnahmen bei Kernkraftstandorten in den Grenzregionen nicht einfach sein dürfte. Ziele dieser Studie sind,[653] Regeln, Richtlinien und Standards und aktuelle Regelungen, die innerhalb der EU-Mitgliedstaaten und mit den EU-Nachbarländern angewendet werden, zu vergleichen sowie Lücken, Unvereinbarkeiten und sogenannte best practices, einschließlich grenzüberschreitender Vereinbarungen, zu identifizieren und in einem zweiten Schritt Empfehlungen zur Verbesserung vorzulegen.[654] Durch Vergleich der nationalen Planungen und Vorkehrungen zur Notfallschutzplanungen in den Mitgliedstaaten sollen dann Ansätze zur Harmonisierung und Elemente zur Ressourcenoptimierung auf EU-Ebene gefunden werden, die nationale und grenzüberschreitende Doppelstrukturen vermeiden.[655]

Die Europäische Kommission hat gewisse Zuständigkeiten auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit. So besitzt sie das Mandat der Mitgliedsstaaten, im Namen der Europäischen

650 Kerntechnischer Ausschuss 1997
651 Europäisches Parlament 2012: 4
652 In der Studie „*soll ein Überblick über die Kapazitäten für die anlagenexterne Notfallvorsorge und -bekämpfung in den EU-Mitgliedstaaten und ihren Nachbarländern gegeben werden, und es sollen Inkohärenzen und Mängel ermittelt sowie (legislative und nicht legislative) Vorschläge für mögliche Verbesserungen vorgelegt werden*" (Europäisches Parlament 2012: 11).
653 European Commission 2012a
654 European Commission 2012a
655 European Commission 2012a: 10

Atomgemeinschaft auf eine Verbesserung der Durchführung des Übereinkommens über nukleare Sicherheit durch die Vertragsparteien hinzuwirken. In ihrem Bericht[656] an den Rat und das Europäische Parlament stellt die EU-Kommission fest, dass die „*kerntechnische Sicherheit […] inzwischen in der gesamten EU nicht mehr als rein nationale Angelegenheit, sondern als Frage von europäischen Dimensionen betrachtet*“ wird.[657] Es wird deutlich, dass die EU-Organe[658] und insbesondere die EU-Kommission auf dem Gebiet eines sich entwickelnden komplexen Regelsystems, das Nukleare Sicherheit und Notfallschutz umfasst und als Nuclear Risk Governance bezeichnet werden kann, eine immer größer werdende Rolle einnehmen. Dazu gehören das umfangreiche Europäische Nuklearrecht und Strukturen zur Kontrolle und Koordinierung mit dem Ziel der Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt und dem Schutz des Menschen vor ionisierender Strahlung. Zu diesen Regelungen gehören die „Richtlinie zu Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen“,[659] die derzeit überarbeitet wird und künftig radiologische und nukleare Notstandsfälle umfassen wird[660], die „Entscheidung des Rates für den beschleunigten Informationsaustausch im Fall einer radiologischen Notstandssituation“[661], das die Grundlage für das Informationssystem ECURIE ist, das derzeit auf den neuesten Stand der Technik gebracht wird, die „Informationsrichtlinie zur Unterrichtung der Bevölkerung zum Gesundheitsschutz bei radiologischen Notstandssituationen“[662], die „Entscheidung des Rates und der Kommission für ein Gemeinschaftsverfahren für den Katastrophenschutz[663], die „Einfuhrverordnung für kontaminierte Nahrungs- und Futtermittel“.[664].

656 Europäische Kommission 2011a

657 Europäische Kommission 2011a: 2

658 EU-Organe sind die Einrichtungen *EU-Rat, EU-Kommission* und *Europäisches Parlament* sowie weitere Stellen, Behörden und Organisation und Gremien: *Rechnungshof, Wirtschafts- und Sozialausschuss, Gerichtshof, Versorgungsagentur, Kernforschungsstelle* bzw. *Gemeinsame Forschungsstelle* (Schärf 2008: 180–210).

659 Richtlinie *96/29/Euratom* des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen. ABl. L 159 vom 29.6.1996 (Schärf 2008: 344–364)

660 Inzwischen - *nach* Abschluss der vorliegenden Arbeit - liegt das Ergebnis als EURATOM-Richtlinie vor (EURATOM 2013).

661 *87/600/Euratom*: Entscheidung des Rates vom 14. Dezember 1987 über Gemeinschaftsvereinbarungen für den beschleunigten Informationsaustausch im Fall einer radiologischen Notstandssituation. ABl. L 371 vom 30.12.1987, S. 76–78, und Berichtigung in: ABl. L 314 vom 4.12.1996, S. 20–20 (Schärf 2008: 250)

662 Richtlinie *89/618/Euratom* des Rates vom 27. November 1989 über die Unterrichtung der Bevölkerung über die bei einer radiologischen Notstandssituation geltenden Verhaltensmaßregeln und zu ergreifenden Gesundheitsschutzmaßnahmen. ABl. L 357 vom 7.12.1989, S. 31–34 (Schärf 2008: 373–377)

663 1) *2007/779/EG,Euratom*: Entscheidung des Rates vom 8. November 2007 über ein Gemeinschaftsverfahren für den Katastrophenschutz ABl. L 314 vom 1.12.2007, S. 9–19; .

2) 2007/162/EG,Euratom: Entscheidung des Rates vom 5. März 2007 zur Schaffung eines Finanzierungsinstruments für den Katastrophenschutz ABl. L 71 vom 10.3.2007, S. 9–17;

3) *2007/606/EG,Euratom*: Entscheidung der Kommission vom 8. August 2007 mit Durchführungsvorschriften zu den Transportbestimmungen der Entscheidung 2007/162/EG, Euratom des Rates zur Schaffung eines Finanzierungsinstruments für den Katastrophenschutz ABl. L 241 vom 14.9.2007, S. 17–23

Mittlerweile sind bedeutende Einrichtungen der EU-Kommission zur Überwachung der Umweltradioaktivität und zum Schutz der Bevölkerung in Notstandssituationen in Europa etabliert, darunter das System ECURIE[665] der Europäischen Gemeinschaft für den Informationsaustausch in radiologischen Notsituationen, das Netzwerk EURDEP[666] für den Austausch der Daten aus den nationalen radiologischen Messnetzen, die webbasierte Plattform ENSEMBLE[667] zur internationalen Harmonisierung und Validierung von Methoden und Messverfahren, die bei radiologischen Ereignissen und nuklearen Notstandssituationen eingesetzt werden, die REM-Datenbank[668] für radioaktive Kontaminationen in Umweltmedien (Luft,

---

4) *2008/73/EG,Euratom*: Entscheidung der Kommission vom 20. Dezember 2007 zur Änderung der Entscheidung 2004/277/EG, Euratom der Kommission in Bezug auf die Durchführungsvorschriften der Entscheidung 2007/779/EG, Euratom des Rates über ein Gemeinschaftsverfahren für den Katastrophenschutz ABl. L 20 vom 24.1.2008, S. 23–34

5) *2010/481/EU, Euratom*: Beschluss der Kommission vom 29. Juli 2010 zur Änderung der Entscheidung 2004/277/EG, Euratom in Bezug auf die Durchführungsvorschriften der Entscheidung 2007/779/EG, Euratom des Rates über ein Gemeinschaftsverfahren für den Katastrophenschutz ABl. L 236 vom 7.9.2010, S. 5–17

664 1) Verordnung (EG) *Nr. 733/2008* des Rates vom 15. Juli 2008 über die Einfuhrbedingungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse mit Ursprung in Drittländern nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl (kodifizierte Fassung) ABl. L 201 vom 30.7.2008, S. 1–7; 2) Verordnung (Euratom) *Nr. 3954/87* des Rates vom 22. Dezember 1987 zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungsmitteln und Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation ABl. L 371 vom 30.12.1987, S. 11–13; 3) Durchführungsverordnung (EU) *Nr. 297/2011* der Kommission vom 25. März 2011 zum Erlass von Sondervorschriften für die Einfuhr von Lebens- und Futtermitteln, deren Ursprung oder Herkunft Japan ist, nach dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima ABl. L 80 vom 26.3.2011, S. 5–8.

665 *ECURIE* ist das Akronym für *European Community Urgent Radiological Information Exchange*. Das Informationssystem aller 27 EU-Staaten sowie der Schweiz und der Türkei umfasst alle nuklearen Gefahren, die von Kernreaktoren, Entsorgungsanlagen sowie von den Transporten von Brennstoffen und Radioisotopen für medizinische Zwecke ausgehen.

666 Das Netzwerk *EURDEP* (*European Radiological Data Exchange Platform*) ist eine *Europäische Plattform für den Austausch radiologischer Daten* und wird von 33 europäischen Ländern (35 Organisationen mit insgesamt mehr als 4200 Messstationen) verwendet, wobei die zentralen Knoten des Netzwerks die Gemeinsame Forschungsstelle der EU in Ispra (Italien), das Bundesamt für Strahlenschutz in Freiburg und die Generaldirektion Energie (DG ENER) der EU-Kommission in Luxemburg sind. Die EU-Länder sind zur Übermittlung ihrer Messdaten der automatischen radiometrischen Monitoring-Systeme verpflichtet, während sich einige Länder außerhalb der EU-Länder freiwillig beteiligen. Die von *EURDEP* gesammelten Daten werden in einem Web-Service veröffentlicht.

667 *ENSEMBLE* ist ein Netzwerk unter Leitung der Gemeinsamen Forschungsstelle der EU in Ispra (Italien) mit dem Ziel der Harmonisierung von Vorhersagen zur Ausbreitung radioaktiver Kontamination aus verschiedenen atmosphärischen Transportmodellen. Es dient zudem dem Vergleich und der Bewertung von Modellen der Atmosphärenchemie. In diesem Netzwerk sind 22 Institutionen einbezogen, die insgesamt 24 verschiedene weiträumige Atmosphärische Transport- und Ausbreitungsmodelle betreiben.

668 *REM* ist das Akronym für *Radioactivity Environmental Monitoring*. Die REM-Datenbank unterstützt die Gemeinschaftspolitik bei der Umsetzung von Artikel 36 des Euratom-Vertrags, der die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, die Europäische Kommission über den Grad der radioaktiven Kontamination bestimmter Umweltmedien (Luft, Wasser, Boden) zu informieren. Die Daten aus Deutschland werden dem nationalen *Integrierten Mess- und Informationssystem für die Überwachung der Umweltradioaktivität (IMIS)* und der nationalen Berichterstattung über Umweltradioaktivität entnommen und vom Bundesamt für Strahlenschutz an die EU-Kommission bzw. die mit dem Betrieb der REM-Datenbank beauftragte Gemeinsame Forschungsstelle der EU in Ispra (Italien) übermittelt, (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012: 35–37).

Oberflächenwasser, Trinkwasser und Milch) in Europa sowie das Beobachtungs- und Informationszentrum MIC[669] für den Zivil- und Katastrophenschutz in Europa.

Die folgenden Empfehlungen aus den Aktivitäten der EU-Kommission zur kerntechnischen Sicherheit sind aus Sicht des Verfassers richtungsweisend für die weitere Entwicklung eines harmonisierten nuklearen Sicherheitsregimes in Europa. Sie decken sich auch mit den Empfehlungen, Schlussfolgerungen und Bemerkungen in der Stellungnahme[670] des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses der Europäischen Union (EWSA[671]) vom 13.12.2012. So benötigen die EU-Mitgliedstaaten z.B. einen „*gemeinsamen Regulierungsansatz für nukleare Sicherheit*“ und „*eine entsprechende Harmonisierung im Rahmen der Richtlinie*“, „*eine Ausweitung der Kontrollbefugnisse der EU*“, eine Einführung von „*Überwachungs- und Überprüfungsmechanismen*“ auf EU-Ebene sowie eine Verpflichtung der Mitgliedsstaaten zur Vorlage „*regelmäßiger Berichte*“.[672] Zudem müssen die Risiko- und Sicherheitsbewertungen und das Risikomanagement über die in den Stresstest betrachteten technischen Aspekte (wie die Robustheit der Kernkraftwerke) hinaus die „*menschlichen Belange der Arbeitnehmer und Bürger (Gesundheit, Stress, Psychologie, Notlage usw.)*“ berücksichtigen, eine „*anlagenspezifische Verknüpfung von Unfallmanagement, Mitarbeiterschulung und Anrainerinformation und –konsultation*“ vorsehen sowie „*organisatorische und menschliche Faktoren*“ untersuchen, „*die ausschlaggebend für die nukleare Sicherheit und die Gefahrenabwehr (Sicherung) sind*“,[673] Die EU-Rechtsvorschriften sind in den Bereichen des Strahlenschutzes und der anlagenexternen Notfallschutzvorsorge in Europa unter „*Beteiligung der Anrainer*“ in der Umgebung der

669 MIC (Monitoring and Information Centre) ist das Beobachtungs- und Informationszentrum für den Zivil- und Bevölkerungsschutz der Europäischen Union, an dem alle 27 Mitgliedsstaaten der EU sowie Island, Liechtenstein, Norwegen beteiligt sind. Zur den Aufgabe des MIC gehören 1) die Weiterleitung von Hilfegesuchen von Staaten aufzunehmen, die von einer Katastrophe betroffen sind, 2) die Sammlung und Weitergabe von Informationen im Rahmen des Katastrophenmanagments, 3) die technische und personelle Unterstützung in Katastrophensituationen und bei der Terrorismusbekämpfung, z.B. bei Naturkatastrophen, Industrieunfällen oder Attentaten.

670 Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2012, 2013

671 Dem EWSA gehören 344 Mitglieder an, die Verbandsvertreter von drei Gruppen (Arbeitgeber, Arbeitnehmer und sonstige Interessensgruppen) repräsentieren und von den Regierungen der EU-Mitgliedstaaten benannt werden. Sie werden von den Regierungen der Mitgliedstaaten vorgeschlagen, nach Anhörung der Kommission durch den Rat für 5 Jahre ernannt und sind in ihrer Arbeit politisch unabhängig. Der EWSA ist ein beratendes Gremium für die EU Kommission, den Ministerrat und das Europäischen Parlament, ohne selbst Entscheidungen zu treffen. Der EWSA versteht „*es als seine Aufgabe, dass die Europäische Union die wirtschaftlichen, sozialen und bürgerschaftlichen Gegebenheiten bei ihrer Politikgestaltung im Auge behält. Deswegen bezieht er als Stimme der europäischen Zivilgesellschaft zu den Vorschlägen der Kommission Stellung. In politischen Beratungen wird der EWSA von der Kommission, dem Ministerrat und dem Europäischen Parlament angehört, er verleiht den Interessen der Bürgerinnen und Bürger Gehör*“ (BMWi 2013).

672 siehe Punkte 1.4, 4.2.2 und 1.6 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013. Die bisherige, unzureichende *Richtlinie 2009/71/EURATOM über einen Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit* vom 25.06.2009 ist in der EU auch zwei Jahre nach Ablauf der Umsetzungsfrist (22.07.2011) von zwei Staaten (Polen und Portugal) noch nicht umgesetzt worden (Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 142).

673 Siehe Punkte 1.1, 1.2, 1.3, 1.9 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013.

Kernkraftwerke länderübergreifend und in einem „*einheitlichen Regulierungsansatz für nukleare Sicherheit und Gefahrenabwehr*“ zu harmonisieren sowie „*Gefahrenabwehr und Strahlenschutz auf höchstmöglichem Niveau zu gewährleisten*“, wobei eine „*EU-weit einheitliche*“ Jodblockade der Schilddrüse einzuführen und „*unter Berücksichtigung der Lehren aus den Nuklearunfällen von Fukushima die Evakuierungszonen in dicht besiedelten Gegenden in Europa […] zu erweitern sind*“[674]. Weiter fordert der EWSA, dass die Zusammenarbeit und der Informationsaustausch zwischen den Stakeholdern, d.h. Aufsichtsbehörden auf allen Ebenen (lokal, regional, national), EU-Institutionen, Betreiber von Kernkraftwerken, technische Sachverständigenorganisationen, Unternehmen der Industrie und Beschäftigte, zu intensivieren und auf die Bürger und deren Vertreter auszudehnen ist. Darüber hinaus ist der Zugang zu Informationen, die Verfahren zum Informationsaustausch und die „*Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren*“, auch bei grenznahen Anlagen, innerhalb der EU einheitlich zu regeln[675] und die „Versicherung *und Haftung im Nuklearbereich*“ auf EU-Ebene zu verbessern, indem „*Rechtsvorschriften auf dem Gebiet der Versicherung und Haftung*“ die Risiken abdecken und die Entschädigungsfragen unter Berücksichtigung sozialer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte und einer entsprechenden „*Deckungsvorsorge seitens der Kernenergie-Erzeuger in Europa*“ geregelt werden,[676] Der EWSA fordert, die in Notfallschutzplanungen zu betrachtenden Risiken auf Unfallszenarien mit einer erheblichen Freisetzung von Radioaktivität auszudehnen, die probabilistischen Sicherheitsanalysen der Mitgliedsstaaten „*auf der Grundlage des pessimistischen Ansatzes*“ zu harmonisieren und die Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen und deren Rechtsvorschriften unter Berücksichtigung der Erfahrungen beim Fukushima-Unglück zu überarbeiten,[677] Zudem ist die Transparenz durch Einbeziehung von „*Instanzen zur Unterstützung der Bürger*,“[678] „*Beteiligung der Öffentlichkeit an der Untersuchung von Zwischenfällen*“ und durch „*Förderung eines konstruktiven Dialogs mit den Bürgern*“ zu erhöhen. Darüber hinaus regt der Europäische Wirtschafts- und Sozialausschuss im Zusammenhang mit der Empfehlung der EU-Kommission

674 Siehe Punkte 4.2.3, 2.1, 4.2.1, 1.13 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013

675 Siehe Punkte 1.7, 1.5 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013

676 Siehe Punkte 4.2.4, 1.10 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013

677 Siehe Punkte 1.8, 5.3.2, 4.5.2 in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013, wobei jedoch Rechtsvorschriften zur Strahlenschutzvorsorge sich auch auf den Import und das Inverkehrbringen von Gütern im Falle eines kerntechnischen Unfalls erstrecken können, was über die in Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 142 erwähnte Überarbeitung der vorhandenen rechtlichen Instrumente bei Nahrungs- und Futtermitteln hinausgeht.

678 In Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 143 sind als positives Beispiel in Europa die nach dem französischen „Gesetz für Transparenz und Information über die Sicherheit von Kernkraftanlagen“ vom 13.07.2006 eingerichteten drei Instanzen genannt. Diese Instanzen sind 1) der Hohe Ausschuss für Transparenz und Information über die Sicherheit von Kernkraftanlagen, 2) die lokalen Informationsausschüsse,und 3) der Nationale Verband der lokalen Informationskommittees und –ausschüsse. Sie haben zur Unterstützung der Bürger, die im Rahmen der Stresstests an der in Frankreich durchgeführten ergänzenden Evaluierungen nuklearer Anlagen mitgewirkt und Analysen für die Betreiberberichte als Grundlage für den Bericht der französischen nationalen Aufsichtsbehörde geliefert (Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 143).

an, die Erarbeitung „*europäischer Leitlinien für die Beurteilung natürlicher Gefahren und die Festlegung von Sicherheitsmargen*“ dem Verband *WENRA*[679] der westeuropäischen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden im Nuklearbereich anzutragen, eine verbesserte Öffentlichkeitsbeteiligung und „*Stärkung der Bürgerrechte*“ im Sinne des Aarhus-Übereinkommens vorzusehen, indem er feststellt: *„Es wäre angebracht, zumindest die Anrainer von Kernkraftwerken über ein Konsultationsverfahren nach Art des Aarhus-Übereinkommens in die Ausarbeitung dieser Leitlinien einzubeziehen*“[680]. Der geplante Entwurf der EU-Kommission wird von dem Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss in dessen Stellungnahme vom 13.12.2012 begrüßt: „*Der Ausschuss befürwortet das ehrgeizige Unterfangen der Kommission, die Richtlinie über nukleare Sicherheit zu überarbeiten, und fordert sie auf, sich nicht nur auf die technischen Aspekte zu konzentrieren, sondern auch die menschlichen Belange der Arbeitnehmer und Bürger (Gesundheit, Stress, Psychologie, Notlage usw.) zu berücksichtigen*“ .[681]

Die mit dem Entwurf geplante revidierte Richtlinie zur nuklearen Sicherheit in Europa, die die bisherige Richtlinie[682] aus dem Jahr 2009 ablösen soll, strebt eine Änderung des bestehenden Regulierungssystems zur nuklearen Sicherheit an und greift in die nationalen Organisationsstrukturen der EU-Mitgliedsstaaten ein. Die Revision könnte die Chance bieten, den regulatorischen Rahmen im Bereich des nuklearen Notfallschutzes voranzutreiben, um zwei Ziele zu erreichen: Erstens sollen in Notstandssituationen bei grenzüberschreitenden Freisetzungen von Radioaktivität gleiche Einschätzungen der radiologischen Situation und konsistente Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommen werden; Zweitens sollen die nationalen Notfallvorsorge- und Notfallschutzkonzepte europaweit mittels einheitlicher Regelwerke und gegenseitiger Kontrolle[683] der zuständigen Behörden harmonisiert werden.

11. Fazit

Das Thema Notfallschutz bei Kernkraftwerksunfällen ist wegen der zunehmenden internationalen Verflechtung (Globalisierung) eine grenzüberschreitende Aufgabe staatlicher und nichtstaatlicher Akteure. Den Schutz von Mensch und Umwelt auch in radiologischen Notfallsituationen durch Regelungen zu gewährleisten, kann von Einzelstaaten nicht allein geregelt werden. Dies ist eine

679 Western European Nuclear Regulators‘ Assiciation (WENRA)
680 Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 144
681 Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013: 141
682 Richtlinie 2009/71/EURATOM des Rates vom 25. Juni 2009 über einen Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen, ABl. 2009, L 172.
683 Die Kontrollen erfolgen, analog zu den Stresstests, vorrangig durch sogenannte „Peer Review“-Verfahren zur Selbstbewertung.

Herausforderung und Aufgabe, die im Sinne einer Global Governance zu lösen ist. Vom Blickwinkel eines politikwissenschaftlichen Bezugsrahmens ist dieses Thema unter dem Begriff Nuclear Emergency Governance ein Spezialfall der hierarchisch geordneten Global Governance-Begriffe Nuclear Safety Governance (bzw. allgemeiner Nuclear Risk Governance), die in dieser Arbeit, ausgehend von Findlay[684], neu eingeführt wurden.

Die Politik zur nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen ist, wie sich in dieser Arbeit gezeigt hat, ein vielschichtiges Phänomen. Die Methodik, diesen Gegenstandsbereich, seine Ursachen und Folgenbewältigung in der Perspektive einer Nuclear Emergency Governance als Teil einer nuklearen Sicherheit umfassenden Nuclear Risk Governance zu deuten, hat sich aus Sicht des Verfassers bewährt. Der Bedarf, den Schutz von Mensch und Umwelt vor den Risiken der zivilen Nutzung der Kernenergie zu sichern, stellte sich in Folge der Globalisierung stärker vernetzten Welt als eine Regelungsaufgabe heraus, die nicht mehr traditionell durch den Nationalstaat allein, sondern durch Anpassung von Staat und Gesellschaft sowie durch Erweiterung des Kreises der Akteure und Entwicklung neuer Sicherheitsregime geleistet werden kann. In welche Richtung dieser Anpassungsprozess gehen könnte, wurde am Beispiel der Harmonisierung eines EU-weiten Notfallschutzregimes dargestellt. Betrachtet man diese Vorstellungen von Nuclear Risk Governance und das zugehörige Akteursspektrum, so lassen sich diese entsprechend den drei Schulen der Globalisierung nach Menzel[685] in eine Mittelposition einordnen, die den Transformalisten entspricht und nicht denen der Hyperglobalisierer bzw. Globalisierungsskeptiker.

Die in dieser Arbeit vorgelegten Vorschläge sind Teil eines Transformationsprozesses, aus dem sich nach dem Reaktorunfall von Fukushima, wie dargestellt, verstärkt ein internationales Regime herausbildet. Derzeit ist noch unklar, mit welcher Geschwindigkeit und bis zu welchem Grade sich die Staaten und gesellschaftlichen Akteure entsprechend anpassen werden und ob sie als Ergebnis dieses Transformationsprozesses das z.B. für Europa vorgeschlagene lösungsorientierte Nuclear Safety Governance Regime zur Steuerung einer einheitlichen Politik des grenzüberschreitenden Bevölkerungsschutzes bei Kernkraftwerksunfällen anstreben.

Als Konsequenz aus schweren Kernkraftunglücken (Tschernobyl, Fukushima) haben etliche Staaten ihre nationalen Energiepolitiken geändert. So haben sich einige Staaten inzwischen dem Atomausstieg angeschlossen (z.B. Italien und Österreich) oder setzen ihn derzeit konsequent um (z.B. Deutschland). Jedoch ist dieser Trend nicht eindeutig, wie in dieser Arbeit dargestellt ist. So

684 Findlay 2011
685 Menzel 2001: 230–233

sind in der Öffentlichkeit die Angst vor dem nuklearen Risiko und das enttäuschte Sicherheitsvertrauen nach schweren Reaktorunfällen nur zwei Faktoren unter vielen, die bei der Frage der Nutzung der Kernenergie in den nationalen Energiepolitiken eine Rolle spielen. Da weltweit etliche Länder Nuklearstaaten werden wollen oder weiterhin auf den Energieträger Kernenergie setzen, bleibt die internationale Zusammenarbeit zum Ausbau eines Nuclear Safety Regimes mit grenzüberschreitenden Notfallschutzplanungen eine Daueraufgabe.

11.1 Konsequenzen aus Kernkraftwerksunfällen

Die durchgeführten Analysen der drei schwersten Reaktorunfälle in der Geschichte der zivilen Nutzung der Kernenergie (Three Mile Island 1979, Tschernobyl 1986, Fukushima 2011) haben gezeigt, dass die staatlichen Stellen auch unter Berücksichtigung der Umstände ungenügend vorbereitet waren, um sowohl in Krisensituationen sachgerecht zu informieren als auch um die Strahlenexposition der Bevölkerung und radioaktiven Kontaminationen so gering wie möglich zu halten. Die Unfallabläufe und deren Bewältigung wurden skizziert und die erkannten Unzulänglichkeiten und Defizite beim Krisenmanagement aufgezeigt. Sie haben dazu beigetragen, dass die Kernenergie in großen Teilen der deutschen Bevölkerung und deren Medien „*vom Hoffnungsträger zum Angstfaktor*“ wurde. Es wurden die Konsequenzen der Staatengemeinschaft aus den Reaktorunfällen zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit dargestellt, die neben neuen technischen Standards auch zu einer Stärkung des europäischen und internationalen Nuklearrechts führen. Zu den entsprechenden Maßnahmen nach Tschernobyl wurde in Deutschland z.B. das „gestaffelte Sicherheitskonzept“ realisiert. Eine Analysedes nationalen Notfallmanagements auf Grund der Erfahrungen aus dem Reaktorunfall von Fukushima führt zu dem Ergebnis, dass die in Deutschland vorhanden Strukturen und Zuständigkeiten staatlicher Stellen für die Bewältigung schwerer Kernkraftwerksunfälle nicht in allen Bereichen angemessen ist und ein nicht unerheblicher Verbesserungsbedarf besteht.

11.2 Empirische Befunde (Fragebogen). Unzulänglichkeiten und Hindernisse im internationalen Notfallschutz

Zu den empirischen Befunden gehören die Tatsachen, dass auf Grund einer mangelnden Sicherheitskultur in Japan im Fall Fukushima die im Prinzip bekannten Schwachstellen der Auslegung des Kernkraftwerks und der anlageninternen Notfallschutzkomponenten nicht beachtet wurden und die Überprüfungen[686] im Rahmen des bestehenden Nuclear Safety Regimes versagt haben, so dass das Reaktorunglück nicht verhindert wurde. Der fehlende ausreichend hohe Sicherheitsstand ist nicht allein ein japanisches Problem: Zum Beispiel lautet eines der

686 Government of Japan 2010; IAEA 2007b

„Ergebnisse für die sicherheitstechnischen Maßnahmen in bestehenden KKW“ in der Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über den Stresstest von Kernkraftwerken in der Europäischen Union, dass „*so gut wie alle KKW im Hinblick auf die Sicherheit verbessert werden [müssen]*“. [687]

Zu den Prinzipien des Nuklearrechts, die weltweit umgesetzt werden müssen, gehören klare Verantwortlichkeiten aller Beteiligten (Verantwortlichkeitsprinzip), eine dauerhafte Kontrolle kerntechnischer Anlagen und der Spaltstoffe, die Unabhängigkeit der nationalen Aufsichtsbehörden (Unabhängigkeitsprinzip), der Grundsatz der Transparenz im Bereich nuklearer Tätigkeiten (Transparenzprinzip) und der Grundsatz der internationalen Zusammenarbeit mit einheitlichen Sicherheitsstandards und grenzüberschreitenden nuklearrechtlichen Regelungen.[688]

Ein Beispiel für bestehende Hindernisse im Notfallschutz ist aus den Rückläufen der Fragebogen ersichtlich, die im Rahmen der schriftlichen Befragung zu Aspekten des Notfallschutzes und den Problemen der Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung durchgeführt wurde: Die Beantwortung durch die Experten, die mehrheitlich für Behörden und Politiker beratend tätig sind, zeigt ein uneinheitliches Bild. Es ist anzunehmen, dass die Untersuchungsteilnehmer, die den Fragenbogen beantwortet haben, hinreichende Fachkenntnisse über Strahlenschutz und grundlegendes Wissen über Strahlenbelastungen haben. Gleichwohl liegen unterschiedliche Vorstellungen über Grenzwerte und Eingreifrichtwerte zur Einleitung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung vor. Dieses Ergebnis der im Jahr 2011 (vor dem Fukushima-Unglück) durchgeführten Befragung korreliert mit den Ergebnissen früherer Vergleichsstudien. So zeigt auch die Zusammenstellungvon nationalen Eingreifrichtwerten und deren Parameter aus Erhebungen der Jahre 2003, 2008 und 2010 Inkonsistenzen, die im Ereignisfall zu widersprüchlichen Maßnahmenempfehlungen an die verantwortlichen Politiker und Entscheidungsträger führen dürften. Aus den Rückläufen der schriftlichen Befragung und dem Vergleich der Daten aus den Erhebungen lässt sich der Schluss ziehen, dass es weiterer Schritte bedarf, um in Expertenkreisen das gemeinsame Verständnis der radiologischen Grundlagen so zu entwickeln, dass einheitliche fachliche Anforderungen für die internationale Harmonisierung im nuklearen Notfallschutz bestehen. Als wesentliche Erkenntnis aus den Auswertungen der Fragebogen muss festgestellt werden, dass es kein in Fachkreisen akzeptiertes länderübergreifendes Notfallschutzkonzept für die Bewältigung von Kernkraftwerksunfällen gibt, die Wissensgemeinschaft der als Berater fungierenden Experten sich auf den Gebieten des anlagenexternen Notfallschutz sich uneinig ist.

687 Europäische Kommission 2012a: 7
688 Schärf 2008: 8–15

Wegen dieser Befunde kann dieser Expertenkreis nicht im Sinne einer „epistemic community“ Vorschläge auf eine grenzüberschreitende konsistente Notfallplanung dringen und ist auf dem Politikfeld der nuklearen Sicherheit nicht im Stande, Lösungsvorschläge zu einem einheitlichen Schutz der Bevölkerungen in größeren Regionen (z.B. Europa) vorzulegen.

Damit die zuständigen Behörden besser in die Lage versetzt werden, bei Kernkraftwerksunfällen angemessene Entscheidungen für grenzüberschreitend konsistente Schutzmaßnahmen zu treffen, sind einige Hindernisse im internationalen Notfallschutz zu überwinden. Z.B. sollten sich die Fachberater im Strahlenschutz international auf einheitliche physikalische und naturwissenschaftliche Termini und Konzepte (Dosisbegriffe, Dosisgrenzwerte und Schutzkonzepte etc.) festlegen. Zudem sollten sie neben dosisbezogenen Schutzzielen und Referenzwerten entsprechend den neuen Empfehlungen von IAEA und ICRP auch Werte für die Einleitung von Maßnahmen zu Schutz der Bevölkerung berücksichtigen, die vom Anlagenzustand des Reaktors abhängen. Ein weitere Herausforderung in der Notfallplanung und bei der Krisenbewältigung besteht in den unterschiedlichen Interessenlagen der bei der Abwägung von Schutzmaßnahmen beteiligten Stakeholder aus Politik, Wirtschaft, Verwaltung, internationalen Organisationen und Wissenschaft.

Schutzmaßnahmen sind also nicht allein radiologisch begründbar. Damit wird die Harmonisierung im nuklearen Notfallschutz weitaus komplexer. So kommen weitere Einflussfaktoren hinzu, z.B. die Akzeptanz, die Unsicherheiten bei der Entscheidungsfindung, verschiedene politische und gesellschaftliche Aspekte sowie die Frage von Prioritäten bei begrenzten finanziellen und technischen Ressourcen.[689] Weitere Erschwernisse wurden zur Verbesserung der grenzüberschreitenden nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen identifiziert: divergierende Auffassungen zur Nutzung der Kernkraft und der Risiken dieser Technologie, die Kopplung der Atomenergiekontroverse mit Themen des anlagenexternen Notfallschutzes, Dissens über den Schweregrad der Kernkraftwerksunfälle, die bei Notfallschutzplanungen zu Grunde zu legen sind, sowie die mangelnde Bereitschaft zur Übernahme fremder Ansätze in die eigene nationale Notfallschutzplanung.

11.3 Ansätze zur Verbesserung und Harmonisierung im Notfallschutz

In dieser Arbeit werden Vorschläge unterbreitet, um zu einer Harmonisierung des Notfallschutzes in der Europäischen Union bzw. in Europa zu kommen. Dabei sollten vorhandene Strukturen und

689 Vgl. „Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevlkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ (Strahlenschutzkommission 2009c: 33)

Gremien für Nukleare Sicherheit und Strahlenschutz in Europa genutzt und wegen der Komplexität ein Arbeitsprogramm mit einer begrenzten Anzahl von Themenblöcken entwickelt werden. Zudem sollten diese Aktivitäten in ein Global Governance Projekt integriert werden, das die vorhandenen Elemente des globalen nuklearen Sicherheitsregimes berücksichtigt. Diese Vorschläge sind jedoch nur in einem langwierigen Prozess umzusetzen und erfordern jeweils in einem bestimmten Maß ein Souveränitätsverzicht der Mitgliedstaaten und die Übertragung von Hoheitsbefugnissen auf die Europäische Union. Dies gilt auch für den „verfahrensorientierten Ansatz“ zur internationalen Zusammenarbeit, der zumindest eine bessere grenzüberschreitende Koordinierung und Abstimmung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung im Ereignisfall eines Kernkraftunglücks anstrebt.

Die aktuelle internationale Entwicklung zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit lässt für die Zukunft nach dem Fukushima-Unglück Fortschritte erwarten: So haben zwischenzeitlich weltweit Ministerkonferenzen und internationale Konferenzen der IAEA sowie europaweit Aktivitäten in Europa (z.B. „Stresstests“ zur Risiko- und Sicherheitsbewertungen von Kernkraftwerken) stattgefunden, um die nukleare Sicherheit zu verbessern. Entsprechende Beispiele von Tagungen, Konferenzergebnissen und internationalen Aktivitäten in dem Zeitraum bis Ende 2012 wurden dargestellt. Am Beispiel der weiteren Entwicklung ist erkennbar, dass Notfallschutz zur Verbesserung der nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen und Nuclear Risk Governance, ungeachtet des Kernenergieausstiegs in einigen Staaten, auch in Zukunft Daueraufgaben sind. Trotz der Fortschritte und Verbesserung seit dem Kernkraftwerksunfall von Tschernobyl bedarf es noch weiterer Initiativen und langwieriger Abstimmungsprozesse, um z.B. in Europa zu einem internationale abgestimmten Notfallschutzkonzept mit harmonisierten Grenzwerten (Eingreifrichtwerten) oder, allgemeiner, im Falle eines Kernkraftunglücks zu einem gleichen Schutzniveau für die Bevölkerung in Europa zu kommen.

Nach der Wahl zum 18. Deutschen Bundestag im September 2013 ist das Thema der vorliegenden Arbeit („nukleare Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen“) in den Focus der Politik für die Legislaturperiode von 2013 bis 2017 in Deutschland gelangt, da die die Bundesregierung stützenden Parteien CDU, CSU und SPD in ihrem Koalitionsvertrag Ende November 2013 die Verbesserung der Konzeption des Notfallschutzes nach dem Kernkraftunfall in Fukushima auf die Agenda für die Arbeit der Bundesregierung in der 18. Legislaturperiode genommen haben: „*Der*

radiologische Notfallschutz zur Bewältigung von Katastrophen in kerntechnischen Anlagen wird auf Grundlage der Erfahrungen von Fukushima konzeptionell angepasst".[690]

690 Bundestag 2013: 61

Anhang

12. A: Dosen und Dosisgrenzwerte

Bei Kernkraftwerksunfällen sind die nationalen Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Katastrophenschutzmaßnahmen von zentraler Bedeutung. Diese Werte beruhen auf verschiedenen Dosisgrößen und müssen spezifiziert werden. Wie auch in Kapitel 13 im Anhang B dargestellt, sind die Begriffe häufig ungenau festgelegt und werden in den nationalen Richtwerten (Eingreifrichtwerten, Trigger-Werten, action levels) uneinheitlich und zum Teil aus naturwissenschaftlicher Sicht widersprüchlich[691] verwendet. Die Festlegung von Dosisgrenzwerten und deren Parametern in den nationalen Regelwerken ist nicht immer nachvollziehbar, da die fachlichen Gründe für die Wahl der Werte häufig nicht dokumentiert sind. Somit besteht ein Bedarf, die Zusammenhänge zwischen den in der Praxis verwendeten Dosisgrenzwerten und den physikalischen bzw. naturwissenschaftlichen Grundlagen herzustellen und die verschiedene (Arten von) Dosen und Dosisgrenzwerte zu beschreiben. Diesem Zweck dient das vorliegende Kapitel 12.

Dosisgrößen sind Strahlungswirkungsgrößen, d.h. Maße für die Wirkung von Strahlung auf Materie. Die unterschiedlichen Dosen sind komplexe Begriffe des Strahlenschutzes, die in zahlenreichen Fachbüchern definiert werden.[692] Die Dosisbegriffe lassen sich unterteilen in:[693]

1) physikalische Dosisgrößen: „Ionendosis“, „Energiedosis“ und „Kerma“,
2) Dosismessgrößen für den praktischen Strahlenschutz: „Äquivalentdosis“ sowie abgeleitete operative Dosisgrößen: „Ortsdosis“ und „Personendosis“,
3) Körperdosisgrößen: „Organdosis“ und „Effektive Dosis“ zur Beschreibung des stochastischen Strahlenrisikos.

Im nationalen und internationalen Strahlenschutzrecht sind Dosisgrenzwerte zum Schutz des Menschen bei der Verwendung radioaktiver Stoffe oder anderer Strahlenquellen und Dosisrichtwerte im Rahmen der Notfallschutzplanung für die einzelnen Schutzmaßnahmen

691 Z.B. werden, wie in Tabelle 54 angegeben, bei der Festlegung nationaler Eingreifrichtwerte Größen mit unterschiedlicher Bedeutung (AD = vermeidbare Dosis, PSD = erwartete Dosis) und verschiedene Expositionspfade einbezogen: So berücksichtigt Ungarn im Gegensatz zu fast allen in Tabelle 54 untersuchten Staaten bei dem Eingreifwert für Aufenthalt in Gebäuden zusätzlich den Expositionspfad „Hautkontamination“.

692 Bodansky 2004: 58–63; Grupen et al. 2008: 6–16; ICRP 2007: 57–74; Koelzer 2001a: 44–47, 2001b: 34–38; Krieger 2009: 308–329; Petrangeli 2006: 79–80; Stroppe/Langer 2005: 500–501; Vogt/Schultz 2007: 59–75

693 Krieger 2011: 195–209

festgelegt. Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Dosisgrenzwerte im Notfallschutz sind als Dosisrichtwerte zu verstehen. Die Bezeichnung Richtwerte soll darauf hinweisen, dass im Notfallschutz, anders als bei geplanten Tätigkeiten oder bei bestehenden Expositionssituationen, unvorhersehbare oder nicht beherrschbare Situationen und somit nicht kontrollierbare radiologische Lagen auftreten können, bei denen sich Strahlenexpositionen nicht strikt begrenzen lassen. Gleichwohl ist es üblich, an Stelle von Richtwerten von „Grenzwerten" in Notfallsituationen zu sprechen, obwohl sich Notfallschutz-Expositionen, wie erwähnt, im Gegensatz z.B. zu Expositionen im Arbeitsschutz, nicht begrenzen lassen. Eine umfangreiche Sammlung von Grenz- und Richtwerten wurde von einer Arbeitsgruppe des „Arbeitskreises Umweltüberwachung" im Fachverband Strahlenschutz zusammengestellt und im Jahr 2003 veröffentlicht.[694] Sie bezieht sich sowohl auf die Rechtsgrundlagen in Deutschland, Österreich und der Schweiz als auch auf die Empfehlungen und Richtlinien internationaler Organisationen (ICRP, EU/EURATOM, IAEA, WHO und FAO) und enthält Strahlendosisgrenzwerte für Tätigkeiten, Dosisrichtwerte im Notfallschutz, abgeleitete Grenz- und Richtwerte sowie weitere Werte bezogen auf natürliche Strahlenquellen und die Beförderung radioaktiver Stoffe.

12.1 Dosisbegriffe

Radioaktive Atomkerne sind Atomkerne, die spontan bzw. zeitlich nicht vorhersagbar „*unter Strahlungsemission und Energieabgabe aus einem instabilen Zustand in eine stabilere Konfiguration oder Struktur übergehen*".[695] Dieser Vorgang ist nicht durch äußere chemische oder physikalische Einwirkung beeinflussbar. Der radioaktive Zerfall ist ein statistischer Prozess, der dadurch gekennzeichnet ist, dass die Kerne sich unabhängig voneinander mit einer bestimmten Zerfallswahrscheinlichkeit umwandeln (spontaner Kernzerfall).

Unter Radioaktivität versteht man den radioaktiven Zerfall[696], der die folgenden radioaktiven Umwandlungsarten umfasst: Zerfall der Atomkerne, Veränderungen ihrer Neutronenzahl bzw. Ordnungszahl oder Verminderungen ihrer Bindungsenergie.[697]

Die Prozesse beim spontanen Kernzerfall sind im Einzelnen: Alphazerfall[698], Betazerfall[699], Elektroneneinfang[700], spontane Kernspaltung[701], Gammazerfall[702] , Innere Konversion[703] und

694 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003
695 Krieger 2009: 90
696 Stöcker 2000: 424
697 Krieger 2009: 90
698 Stroppe/Langer 2005: 494–495
699 Stroppe/Langer 2005: 495–496
700 Stroppe/Langer 2005: 496
701 Krieger 2009: 118–119

Protonenzerfall[704]. Als „Arten der Radioaktivität“[705] gelten folgende physikalischen Prozesse: Alphazerfall (Emission eines Helium-Kerns), Betazerfall (Positron- oder Elektron-Emission), Gammazerfall (Emission eines Photons), Elektroneneinfang, Protonenemission, Neutronenemission und spontane Spaltung. Die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Zerfallsart ist für alle gleichartigen Kerne gleich und bestimmt deren mittlere Lebensdauer. Sie wird durch eine für den Kern typische, orts- und zeitunabhängige Zerfallskonstante λ beschrieben, die den Bruchteil dN der jeweils vorhandenen radioaktiven Kerne N eines Nuklids angeben, die in einem kleinen Zeitintervall dt zerfallen.[706] Daraus ergibt sich durch Integration der Differenzialgleichung das „Gesetz des radioaktiven Zerfalls“ zur Bestimmung der radioaktiven Kerne N(t) zur Zeit t:[707]

$$\text{Aktivität } A: \quad A = -\frac{dN}{dt}$$

$$\text{Zerfallskonstante } \lambda: \quad A = \lambda \cdot \mathrm{N} \quad \text{und} \quad \frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot \mathrm{N} \qquad (1)$$

$$\text{Gesetz des radioaktiven Zerfalls: } \mathrm{N(t)} = \mathrm{N}_0 \cdot \mathrm{e}^{\lambda \cdot t}$$

Aktivität und Zerfallskonstante sind Maße für die „Stärke“ der Radioaktivität. Die Zerfallskonstante gibt an, welcher Bruchteil einer bestimmten Anzahl von Kernen des Radionuklids in einer Sekunde zerfällt. Die Halbwertszeit $T_{1/2}$ ist die Zeitspanne, in der jeweils die Hälfte der Kerne des Radionuklids zerfallen. Die mittlere Lebensdauer τ ist definiert als der Kehrwert der Zerfallskonstanten λ und besitzt die SI-Einheit Sekunde (s), während die SI-Einheit von λ bzw. der Aktivität Becquerel (Bq) ist. (Physikalische) Halbwertszeit[708] und Lebensdauer bzw. Zerfallskonstante stehen wegen des Zerfallsgesetzes in engem Zusammenhang:

$$\text{Lebensdauer } \tau = \frac{1}{\lambda} \text{ mit } [\tau] = 1\ \mathrm{s} \text{ und } [\lambda] = 1/\mathrm{s} = 1\ \mathrm{Bq}$$

$$\text{(Physikalische) Halbwertszeit } T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \ln 2 \cdot \tau = 0.693 \cdot \tau \qquad (2)$$

$$\text{Aktivität } A = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot \mathrm{N}$$

702 Stroppe/Langer 2005: 497
703 Krieger 2009: 116–118
704 Krieger 2009: 122
705 Stöcker 2000: 424
706 in vereinfachter Formel: $Zerfallszahl = -Zerfallskonstante \cdot Zahl\ der\ Kerne \cdot Zeit$
707 Stöcker 2000: 425, Stroppe/Langer 2005: 497
708 Bethge et al. 2007: 222

Wie erwähnt, ist mit der Lebensdauer auch die (physikalische) Halbwertszeit „*unabhängig von der aktuell vorhandenen Substanzmenge, sie ist charakteristisch für ein bestimmtes Element bzw. einen konkreten Zerfall*“.[709] Die Strahlung radioaktiver Stoffe (Alpha-, Beta-, Gammastrahlung), Neutronen und Röntgenstrahlen[710] ist ionisierend, d.h. sie bildet im durchstrahlten Stoff direkt oder indirekt Ionen und ruft mit der durch Anregung und Ionisierung verursachten Energieabgabe physikalische, chemische oder biologische Wirkungen hervor.[711] Man unterscheidet direkt und indirekt ionisierende Strahlung. Direkte Ionisation erfolgt durch Stoßionisation geladener Teilchen (Alpha-Teilchen, Elektronen, Protonen etc.) ausreichender kinetischer Energie, indirekte Ionisation durch ungeladene Teilchen bzw. Quanten (Neutronen, Photonen), die im Stoff Sekundärelektronen oder andere ionisierende Teilchen freisetzen oder eine Kernumwandlung einleiten.[712]

Die Einwirkung von ionisierender Strahlung auf den Menschen, Tiere und Pflanzen oder Materie wird als Strahlenexposition, kurz Exposition[713], bzw. im Zusammenhang mit schädigender Wirkung oft als Strahlenbelastung bezeichnet. Die Dosis ist das Maß für die Strahlenwirkung. Es gibt physikalische Dosisgrößen (Ionendosis, Energiedosis, Kerma), Dosismessgrößen im praktischen Strahlenschutz für die Orts- und Personendosimetrie (Äquivalentdosis, Ortsdosen, Personendosen) und Körperdosisgrößen (Organdosen, effektive Dosis).[714] Alle Dosisgrößen sind auf ein Masseelement der bestrahlten Materie bezogen. Das Masseelement darf für die Messtechnik (Dosimetrie) nicht so klein sein, dass stochastische Schwankungen bei der Energieumsetzung auftreten. „*Wenn der bestrahlte Körper nicht homogen ist, sind auch die Dosisgrößen ortsabhängig*“.[715]

Physikalische Dosisgrößen: Energiedosis, Ionendosis, Kerma

Da die Strahlenwirkung auf den Menschen auf der Absorption von Strahlungsenergie im Gewebe beruht, ist die Energiedosis D (d.h. die pro Massenelement absorbierte Energie) die grundlegende physikalische Dosisgröße. Sie ist proportional zur biologischen Wirkung bei Lebewesen[716] und kann als Senke eines Strahlungsfeldes interpretiert werden, wobei ein Strahlungsfeld ein von

709 Bethge et al. 2007: 222

710 „*Als klassische Photonenquelle gilt die Röntgenröhre* [...]“ (Grupen et al. 2008: 203). Röntgenstrahlung stammt aus Hüllenprozessen, Gammastrahlung aus Kernprozessen: Gammastrahlung ist hochenergetische „*Strahlung, die von angeregten Atomkernen ausgesandt wird. [...] Kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die nicht im Atomkern, sondern in der Elektronenhülle entsteht, heißt Röntgenstrahlung*“ (Grupen et al. 2008: 286).

711 Stroppe/Langer 2005: 500

712 Stroppe/Langer 2005: 500

713 expositio (lat.) = Aussetzung

714 Krieger 2009: 308–329

715 Hänsel/Neumann 1995: 378

716 Krieger 2009: 309

Strahlung durchquertes Raumgebiet ist mit Quellen, in denen Strahlung erzeugt, und Senken, in denen Strahlungsenergie in andere Energieformen umgewandelt wird. [717]

Die Energiedosis D ist vom Absorbermaterial (Materie) abhängig, da bei gleicher Strahlungsintensität bzw. gleicher Anzahl von Ionisationsakten verschiedene Atome verschiedene Separationsenergien zur Freisetzung der Sekundärelektronen haben, die bei der Wechselwirkung entstehen.[718] Im praktischen Strahlenschutz wird die Energiedosis auf das sogenannte ICRU-Weichteilgewebe bezogen, das das Muskelgewebe repräsentieren soll.[719] Die Einheit der Energiedosis D ist das Gray (Gy); Bei 1 Gray wird die Energie 1 Joule (J) auf ein Kilogramm (kg) Materie übertragen: $1\text{Gy} = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}}$. Bezeichnet dE die Energie, die durch ionisierende Strahlung in einem Volumenelement der Masse dm absorbiert wird, so ist die Energiedosis definiert als

$$\text{Energiedosis } D = \frac{dE}{dm} \qquad (3)$$

mit der SI-Einheit Gray: $[D] = 1\ \text{Gy} \qquad (1\text{Gy} = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}})$

Da die Energiedosis D experimentell bzw. messtechnisch nur mit erheblichem Aufwand zu bestimmen ist[720], verwendet man eine zur Energiedosis proportionale *Ionendosis* J, die auf der Messung der Ionisation von Gasen beruht und für Luft definiert ist. Energiedosis D und Ionendosis J für Luft sind durch $D = f \cdot J$ mit einer als Ionendosisäquivalent bezeichneten Proportionalitätskonstanten f verknüpft. Das Ionendosisäquivalent f hängt wegen der unterschiedlichen Ionisationsarbeit vom jeweiligen Stoff und von der Energie der Photonen (Röntgen- bzw. Gammaquanten) ab und ist (für Luft) tabelliert. Für die Medizin von Bedeutung ist das Ionendosisäquivalent als Umrechnungsfaktor f „*zwischen Ionendosis in Luft und Energiedosis in menschlichem Knochen-, Muskel- und Fettgewebe*“.[721]

Die Ionendosis beruht, wie oben erwähnt, auf der Messung der Ionisation von Gasen, wobei als Maß die durch die ionisierende Wirkung der Strahlung erzeugte Anzahl von Elektron-Ion-Paaren

717 Dörschel et al. 1992: 23,26
718 Krieger 2009: 310
719 Vogt/Schultz 2007: 59
720 Hänsel/Neumann 1995: 379
721 Der Umrechnungsfaktor f in Abhängigkeit von der Quantenenergie in dem Bereich 10 keV bis 10 MeV ist in Harten 2006:323 abgebildet. Eine Tabelle von f für verschiedene Stoffe (Wasser, Knochen, Muskeln) und Photoenergien findet man in Kiefer 1981: 62, wobei dort der englische Begriff „exposure“ für den Namen „Ionendosis“ verwendet wird.

in einem Gas (i.a. in Luft bei Normalbedingungen) dient. Bezeichnet in einem Strahlenfeld dQ_L die Summe aller durch Photonenstrahlung in einem Luftvolumen der Masse d_{m_L} (mittelbar oder unmittelbar) gebildeten entweder positiver oder negativer Ionenladung, so ist Ionendosis definiert als

$$\text{Ionendosis } J = \frac{dQ_L}{d_{m_L}} \tag{3}$$

mit der SI-Einheit „Coulomb durch Kilogramm“: $[J] = 1$ C/kg

Bei einem Strahlenfeld räumlich konstanter Energieflussdichte ist die Ionendosis, also die positive oder negative Ladung, die durch Strahlungswirkung in trockener Luft erzeugt wird, dividiert durch die Masse der Luft.

Während sich die Größe Energiedosis auf Strahlungsarten wie ionisierende Teilchenstrahlen bezieht, wird eine als Kerma bezeichnete analoge Größe für nicht direkt, sondern über Sekundärteilchen indirekt ionisierend wirkende Strahlenarten verwendet. „*Bei Photonenstrahlungen können die Sekundärteilchen Elektronen oder Positronen sein, bei Neutronenstrahlungen aus dem Kern gelöste oder freie Protonen, Alphateilchen oder schwerere geladene Kernfragmente*“.[722] Kerma ist ein Akronym für „*kinetic energy released per unit mass*“[723] oder „*kinetic energy released in matter*“[724]

Bezeichnet dW_{kin0} die Summe der (kinetischen) Anfangsenergien aller Sekundärteilchen, die aus einem bestrahlten Materievolumen der Masse dm freigesetzt werden, so ist die Kerma definiert als

$$\text{Kerma } K = \frac{dW_{kin0}}{dm}$$

mit der SI-Einheit Gray: $[K] = 1$ Gy $\quad (1\text{Gy} = 1\frac{\text{J}}{\text{kg}})$ (4)

Die Kerma ist wie die Energiedosis von der bestrahlten Masse abhängig und ist der Quotient aus der Summe der Energien aller geladenen Teilchen, die nach der Wechselwirkung mit ungeladenen Teilchen in einem Masseelement freigesetzt werden, durch die bestrahlte Masse. Da die

722 Krieger 2011: 196
723 Krieger 2009: 309
724 Hänsel/Neumann 1995: 378

Sekundärteilchen teilweise ihre Energie außerhalb des Masseelements abgeben können, ist die Kerma kein Maß für die Energiedosis. Nur wenn die Reichweiten der ionisierenden Sekundärteilchen klein gegen die Reichweite der Primärteilchen sind - dies ist der Fall[725] für Neutronen mit Energien unter 10 MeV und für Röntgenstrahlen bis zu einer Erzeugungsspannung von ca. 400 kV -, ist die Kerma der Energiedosis „*hinreichend genau proportional*“.[726]

Unter Dosisleistungen versteht man die Ableitung (Differenzialquotienten) der jeweiligen Dosis nach der Zeit. Für die physikalischen Dosisbegriffe gibt es die folgenden Dosisleistungen: Energiedosisleistung $\dot{D}$, Ionendosisleistung $\dot{J}$ und Kermaleistung $\dot{K}$ mit den Einheiten

[$\dot{D}$] =1 Gy/s = 1 Watt/kg, [$\dot{J}$] = 1 C/s · kg = 1 A/kg und [$\dot{K}$]=1 Gy/s = 1 Watt/kg.

Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Neben den physikalischen Dosisbegriffen gibt es noch Dosisbegriffe im praktischen Strahlenschutz („Strahlenschutzdosisgrößen“), die einheitlich die physikalische SI-Einheit *Sievert* (*Sv*) besitzen[727]. Sie lassen sich in die beiden Kategorien „Dosismessgrößen“ (oder „operative Größen“) und „Körperdosisgrößen“ (oder „Schutzgrößen“) aufteilen.

In Rechtsvorschriften, z.B. in der Anlage VI der Strahlenschutzverordnung (StrSchV)[728] werden die Schutzgrößen „Organdosen“, „Effektive Dosis“, „Organ-Folgedosis“ und „Effektive Folgedosis“ im Teil B unter dem Sammelbegriff „Körperdosis“ zusammengefasst. Diese Größen sind nicht direkt messbar, also keine “Messgrößen“ sondern „rechnerische Größen“, deren Ermittlung festgelegt ist. Sie sind Basis für die Abschätzung von Strahlenschäden.

Strahlenschäden

Unter Strahlenschäden versteht man „*die Gesamtheit aller krankhaften Reaktionen des menschlichen Körpers sowie genetische Veränderungen nach der Einwirkung ionisierender Strahlung*“,[729] wobei der gesamte Organismus („*Ganzkörperbestrahlung*“) oder einzelne Körperregionen („*Teilkörperbestrahlung*“) strahlenexponiert sein können. Strahlenschäden lassen sich in Frühschäden, die unmittelbar nach der Bestrahlung auftreten, und in Spätschäden einteilen,

725 Hänsel/Neumann 1995: 379

726 Hänsel/Neumann 1995: 379

727 Um die (gleiche) physikalische Einheit „Joule pro Kilogramm“ (J/kg) für die Größen Äquivalentdosis einerseits und Energiedosis und Kerma andererseits zu unterscheiden, wurde für die Äquivalentdosis die SI-Einheit „Sievert (Sv)“ und für die Energiedosis bzw. die Kerma die SI-Einheit „Gray (Gy)“ eingeführt.

728 StrlSchV 2001

729 Krieger 2009: 305

die nach einer meist langen Latenzzeit auftreten.[730] Die Schwere der Strahlenschäden ist bei Frühschäden proportional zur Dosis, während bei Spätschäden der Schweregrad unabhängig von der Dosis, aber die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dosisabhängig ist.[731] Entsprechend gibt es zwei Gruppen von Strahlenwirkungen: deterministische Wirkungen (z.B. Veränderungen des Blutbildes oder Hautrötungen des bestrahlten Individuums), die bei Überschreiten bestimmter Dosisschwellen fast sicher eintreten, und stochastische Wirkungen (z.B. Krebs oder Leukämie des bestrahlten Individuums), die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintreten. Man unterscheidet einerseits „Strahlenschäden an Körperzellen" und andererseits „Strahlenschäden an Keimzellen". „Strahlenschäden an Körperzellen" haben „Schäden bei bestrahlten Individuen" zur Folge, die sich in drei Arten „akute oder Frühschäden" und „nicht-maligne Spätschäden" als Ausprägungen „nicht-stochastischer Schäden" und in „maligne Neoplasmen (Leukämie, Krebs)" als Ausprägungen stochastischer Schäden einteilen lassen. Für „Strahlenschäden an Keimzellen" sind „Schäden bei den Nachkommen" die Folge, deren zugehörige Schadensart „genetische Schäden" Ausprägungen stochastischer Schäden sind.[732]

Unter Detriment (detrimentum lat.: Schaden) versteht man „*den durch stochastische Strahlenexposition verursachten Schaden für einen Einzelnen oder ein Kollektiv*".[733] Detriment ist ein Maß für den gesamten Gesundheitsschaden durch Bestrahlung mit ionisierender Strahlung (Mortalität, Morbidität, Verlust an Lebenserwartung): „*The detriment includes the different mortality and morbidity risks for cancers, severe genetic effects, and the associated length of life lost*".[734]

Das Strahlenrisiko ist gekennzeichnet durch „*die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer durch eine Strahlenexposition bewirkten nachteiligen Wirkung in einem bestimmten Zeitraum*" und die Schadenserwartung ist „*das entsprechende Risikomaß für eine Population*".[735] Die Schadenserwartung einer Population lässt sich berechnen als „*Produkt aus der Populationsgröße und einer mit dem Schweregrad gewichteten Summe über die Schadenswahrscheinlichkeit von Individuen dieser Population*".[736]

730 Grupen et al. 2008: 179
731 Grupen et al. 2008: 181
732 Grupen et al. 2008: 180
733 Krieger 2009: 306
734 Turner 2007: 453
735 Krieger 2009: 305
736 Krieger 2009: 305–306

Als Größen zur Abschätzung von Strahlenschäden dienen die „Körperdosis“, d.h. sie wird zur Risikoabschätzung sowie zur Festlegung von Grenzwerten bezogen auf Körper, Gewebe oder Organe benutzt. Dosisgrößen werden klassifiziert nach Körperdosisgrößen und Äquivalentdosisgrößen:

Körperdosisgrößen: Organdosen, effektive Dosen, Organ-Folgedosen

Die „Körperdosisgrößen“ sind Mittelwertgrößen, da bei ihrer Berechnung die mittlere Energiedosis der jeweils bestrahlten Körperpartie als Faktor eingeht. Zu den Körperdosisgrößen gehören folgende Dosisgrößen: Organdosis, Organ-Folgedosis, Effektive Dosis und Effektive Folgedosis. Diese Größen gehören zu den radiologisch bewerteten Energiedosen im Gewebe und dienen zur Festlegung von Grenzwerten. Im Gegensatz zu den „Mittelwertgrößen“ sind die Äquivalentdosisgrößen Ortsdosis, Umgebungs-Äquivalentdosis, Richtungs-Äquivalentdosis, Personendosis, Tiefen-Personendosis, und die Oberflächen-Personendosis“ auf einen Einwirkungspunkt bezogen („Punktgrößen“) und für Messzwecke geeignet.

Da die „Körperdosisgrößen“ auf der Energiedosis unter Einbeziehung strahlenbiologischer Wichtungsfaktoren (Strahlung-Wichtungsfaktoren[737] oder Strahlenwichtungsfaktoren) beruhen, werden sie auch als „biologische Dosisbegriffe“ bezeichnet.

Der Strahlungswichtungsfaktor (w_R) berücksichtigt die „*biologische Wirkung verschiedener Strahlungsqualitäten [..] aufgrund der begrenzten Genauigkeit der biologischen Daten*“.[738] Er „*bezieht sich auf das primäre Strahlungsfeld an einem Ort – d.h. das Strahlungsfeld ohne bestrahlte Substanz – und wird in Abhängigkeit von der Strahlungsart und –energie angegeben*“.[739] „*Der Strahlungswichtungsfaktor w_R ersetzt den Qualitätsfaktor Q*“[740] zur Bewertung einer physikalischen Energiedeposition in biologischem Gewebe. „*In der Strahlenschutzverordnung von 1989 wird statt des Strahlungs-Wichtungsfaktors der Qualitätsfaktor Q oder der effektive Qualitätsfaktor Q_{eff} benutzt. Der effektive Qualitätsfaktor dient der Berücksichtigung der von der Strahlenart abhängigen Wahrscheinlichkeit stochastischer Strahlenwirkungen. Die Werte des effektiven Qualitätsfaktors Q_{eff} hängen von den Expositionsbedingungen und der Art und Energie der einfallenden Strahlung ab. Im Fall einer Ganzkörperbestrahlung von außen und im allgemeinen auch für andere Expositionsbedingungen*“

737 Synonym findet man die Schreibweisen: „*Strahlungswichtungsfaktor*“, „*Strahlungsgewichtungsfaktor*“ und. „*Strahlungs-Wichtungsfaktor*“, letztere *z*.B. in der Strahlenschutzverordnung.

738 Vogt/Schultz 2011: 70

739 Vogt/Schultz 2011: 70

740 Kohlrausch/Aschenbrenner 1996: 561

waren entsprechende Werte für Q_{eff} angegeben.[741] Strahlungswichtungsfaktoren sind vereinfachte Ableitungen von komplizierten energie-, strahlungs- und dosisleistungsabhängigen Faktoren für die relative biologische Wirksamkeit, die in Rechtsvorschriften im Strahlenschutz (RBW-Faktoren) verwendet werden. Ein RBW-Faktor ist definiert als „*der Faktor, mit dem die Energiedosis D bei einer beliebigen Strahlenart zu multiplizieren ist, um die Energiedosis D_γ zu erhalten, bei der man mit Röntgenstrahlen die gleiche biologische Wirkung erzielt*".[742]

Die Organ-Energiedosis $D_{T,R}$ ist die Dosis, die „*über die Masse eines bestrahlten Gewebes, Organs oder Körperteils […], die durch externe und interne Strahlenexposition der Strahlungsqualität R (Strahlungsart und –energie) zustande kommt*".[743] In die Definition der Organdosis $H_{T,R}$ bzw. die gesamte Organdosis (oder Organ-Äquivalentdosis) H_T gehen die Strahlungsart und Strahlungsenergie kennzeichnende „Strahlungsqualität" R und die Organ-Energiedosis $D_{T,R}$ als mit Strahlungs-Wichtungsfaktoren w_R gewichtete Summen ein:

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R}$$
$$H_T = \sum_R H_{T,R} = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

$H_{T,R}$ ist also der Beitrag zur gesamten Organdosis H_T, der durch die einzelne „Strahlungsqualität" (d.h. Strahlungsart und Strahlungsenergie) verursacht wird. Die Organdosis dient als Körperdosis zur Quantifizierung der Auftrittswahrscheinlichkeit stochastischer Strahlenschäden bzw. zur Festlegung von Dosisgrenzwerten und ist somit nur bei kleinen Dosiswerten (weit) unterhalb der Dosisschwelle für deterministische Schäden bzw. in der Nähe der festgelegten Dosisgrenzwerte anwendbar. Ein Beispiel für eine Organdosis ist die Schilddrüsendosis zur Kennzeichnung der Exposition der Schilddrüse in Folge einer Inkorporation von radioaktivem Jod.

Die Zahlenwerte der Strahlungs-Wichtungsfaktoren w_R sind in Rechtsvorschriften[744] und Empfehlungen der ICRP-103[745] enthalten sowie in der Fachliteratur angegeben[746]. So sind in der Strahlenschutzverordnung[747] dosimetrische Größen, Gewebe-Wichtungsfaktoren und die

741 Koelzer 2001b: 158
742 Grupen et al. 2008: 7
743 Vogt/Schultz 2011: 70
744 EURATOM 1996, StrlSchV 2001
745 ICRP 2007: 64 bzw. in der deutschen Übersetzung (BfS-SCHR-47/09) Tabelle 2 auf Seite 60.
746 Vogt/Schultz 2011: 71, Grupen et al. 2008: 9
747 StrlSchV 2001: Anlage VI (Ziegler 2013: 2820–285)

Strahlungs-Wichtungsfaktoren w_R erhalten. Entsprechend der dort angegebenen Tabelle[748] richten sich die Werte des Strahlungs-Wichtungsfaktors w_R jeweils „*nach Art und Qualität des äußeren Strahlungsfeldes oder nach Art und Qualität der von einem inkorporierten Radionuklid emittierten Strahlung*“. Die Strahlungs-Wichtungsfaktoren beziehen sich bei äußerer Strahlenexposition auf die Strahlung, die auf den Körper auftrifft, und bei inneren (inkorporierten) Strahlenquellen in Form von in den Körper aufgenommenen Radionukliden auf die Strahlung, die von der Quelle, also dem Radionuklid, emittiert wird. Die äußere Strahlenexposition ist nur während der Dauer der Bestrahlung wirksam, während die Strahlenexposition inkorporierter Radionuklide nach der Aufnahme (zum Zeitpunkt t_0) für einen längeren Zeitraum τ bis zur Ausscheidung oder zum Zerfall fortdauert, so dass für die resultierende Organ-Folgedosis gilt:[749]

$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t)dt$$

mit der Organdosisleistung $\dot{H}_T(t)$ im betroffenen Gewebe oder Organ T. Die biologische Wirkung einer Dosis auf ein Organ hängt von der Größe und von der Empfindlichkeit des Organs ab. Entsprechend muss diese Strahlensensibilität verschiedener Gewebe, Körperteile oder Organe des Individuums bei der Ermittlung „*der insgesamt entstehenden Gefährdung der Gesundheit oder des genetischen Materials*“ betrachtet werden.[750]

Letaldosen, Strahlenrisiken, Risikokoeffizienten, effektive Folgedosen und Detriment

Die Strahlenwirkungen können bei großen, bestimmte Dosisschwellen überschreitenden Dosen deterministischer und bei geringen Dosen stochastischer Art sein *„Die schwerwiegendste Form des deterministischen Schadens [ist] die akute Strahlenkrankheit“, die* […] *zum Tode führen kann. Sie tritt* […] *nach akuter Bestrahlung mit Dosen über 1,5 Gy* [(Gray)] *auf, wenn der gesamte Körper oder zumindest große Teile des Körpers, z.B. der Rumpf, bestrahlt wurden. Oberhalb von etwa 2,5 Gy wurden Todesfälle beobachtet*“.[751] Die mittlere Letaldosis $LD_{50(30)}$, „*bei der innerhalb von 30 Tagen 50% der bestrahlten Individuen den Strahlentod erleiden*“, liegt „*für den Menschen bei Ganzkörperbestrahlung mit Röntgen- oder γ-Strahlung bei ca. 3,5 Gy*“,[752] während die $LD_{100(30)}$, d.h. „*die 100% letale Dosis ohne medizinische Hilfe*“ bei etwa 7 Gy beginnt.[753] Aus

748 StrlSchV 2001: Anlage VI. Teil C (Ziegler 2013: 2840–285)
749 Vogt/Schultz 2011: 72
750 Krieger 2009: 311
751 Dörschel et al. 1992: 109
752 Dörschel et al. 1992: 109
753 Krieger 2009: 445

einer Übersicht des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt[754] zu den „*bei verschiedenen Dosen auftretenden klinischen Befunde und Symptome nach akuter Ganzkörperbestrahlung*“ geht hervor, dass die niedrigste Dosisschwelle für deterministische Schäden bei 0.25 Sv = 250 mSv liegt[755] und in dem Intervall von 200 mSv bis 300 mSv die „*ersten klinisch fassbaren Strahleneffekte*“ mit dem „*Abfall der Blut zirkulierenden Lymphozyten innerhalb von 1-2 Tagen*“ auftreten.[756] Aus den Beobachtungen an Personengruppen mit hoher und akuter Strahlenexposition (wie das Kollektiv der Atombombenopfer von Hiroshima und Nagasaki mit 120000 Überlebenden) „*wurde bei Dosen über 0,5 Gy eine höhere Häufigkeit von Krebserkrankungen als in den Kontrollgruppe bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit* $p \leq 0{,}05$ *nachgewiesen*“.[757] Das stochastische Strahlenrisiko lässt sich wie folgt zusammenfassen, wenn man berücksichtigt, dass „*die Beziehung zwischen der Dosis eines Organs, Körperteils oder des Gesamtkörpers und der daraus resultierenden biologischen Strahlenwirkung*“ linear-quadratisch ist:[758] „*Das Risiko für die Induktion einer letalen Krebserkrankung durch Strahlenexposition mit niedriger Dosisleistung beträgt im Mittel für alle Krebsarten* $\frac{5\,\%}{Sv}$. *Bei hoher Dosisleistung ist es wegen des linear-quadratischen Dosiswirkungsverlaufs etwa doppelt so hoch. Es beträgt also ca.* $\frac{10\,\%}{Sv}$ “.[759] Das „*strahleninduzierte Krebsmorbiditätsrisiko liegt bei niedriger Dosisleistung bei ca.* $\frac{6\,\%}{Sv}$ “.[760]

Bei kleinen Strahlendosen kann man beobachten, dass „*gleiche Organdosen* (H_T) *in unterschiedlichen Geweben und Organen T stochastische Wirkungen mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit* $R_{S,T}$ *auslösen*“, wobei die Höhe der Wahrscheinlichkeit von der „Strahlungsqualität“ (Strahlungsart und –energie) R und von dem Körperteil (Gewebe bzw. Organ) T abhängt.[761] Bei einer (angenommenen) linearen Dosis-Wirkungsbeziehung gilt für die Wahrscheinlichkeit $R_{S,T}$ stochastischer Wirkungen und die Organdosis H_T die Beziehung $R_{S,T} = r_{S,T} \cdot H_T$, wobei der Risikokoeffizient $r_{S,T}$ „*das Verhältnis aus der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer stochastischen Strahlenwirkung im Körperteil T zur Organdosis* H_T“ darstellt.[762] Die Gewichtsfaktoren stellen „*Mittelwerte über alle Altersgruppen und beide Geschlechter*“ dar,

754 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006: 56–57

755 Sievert (Sv) ist eine Maßeinheit gewichteter Strahlendosen zur Bestimmung z.B. der Strahlenbelastung von biologischen Organismen, währen Gray (Gy) als Maßeinheit für die Energiedosis die pro Masse absorbierte Energie dient.

756 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006: 56

757 Dörschel et al. 1992: 111

758 Koelzer 2001b: 50

759 Krieger 2009: 459

760 Krieger 2009: 459

761 Vogt Schulz 2011:70Vogt/Schultz 2011: 70

762 Vogt Schulz 2011:72Vogt/Schultz 2011: 72

so dass mit „*der effektiven Äquivalentdosis […] ein Maß für die Strahlenexposition definiert*“ wurde, „*das – streng genommen – nicht zur Bestimmung der tatsächlichen Strahlenexposition eines Einzelnen dient, sondern die mittlere Strahlenexposition eines Mitglieds einer gemischten Population beider Geschlechter und Altersgruppen darstellt*“.[763]

Der Risikokoeffizient $r_{S,T}$ lässt sich durch $r_{S,T} = r_S \cdot w_T$ in zwei Faktoren zerlegen:[764], d.h. in den Gesamtrisikokoeffizient $r_S = \sum_S r_{S,T}$ (summiert über alle Körperteile) und in den Gewebewichtungsfaktor w_T, der „*den relativen Anteil des Körperteils T am Gesamtrisiko bei gleichförmiger Ganzkörperexposition angibt*“.[765] Summiert man die jeweils von der „Strahlenqualität“ S und dem Körperteil T abhängigen Risiken $R_{S,T}$ über alle Körperteile (eines Menschen), so erhält man die Wahrscheinlichkeit R_S, dass „*nach einer Strahlenexposition im Organismus eine Strahlenwirkung auftritt*“: $R_S = \sum_T R_{S,T}$ (summiert über alle Körperteile).[766] In den ICRP –Empfehlungen bzw. der Strahlenschutzverordnung von 1991 wurde zur Vereinfachung des Modells angenommen, dass der Mensch *13 Körperteile* (Organe bzw. Gewebe hat). In der ICRP Empfehlung von 2007 wurden zusätzlich die Organe „*Speicheldrüsen*“ und „*Gehirn*“ mit aufgenommen. Die zugehörigen Gewebewichtungsfaktoren w_T sind in der Fachliteratur[767] tabelliert.

Um eine Beziehung zwischen der „Wahrscheinlichkeit stochastischer Strahlenwirkungen im Organismus“ einerseits und dem Produkt aus dem „Gesamtrisikokoeffizienten für alle Körperteile“ und einer „(geeigneten) Dosis“ herzustellen, wird die „effektive Dosis“ eingeführt. Die effektive Dosis E wird als die mit den Gewebe-Wichtungsfaktoren gewichtete Summe der Organdosen (summiert über alle Körperteile) definiert: $E = \sum_T w_T \cdot H_T$. Das Produkt $w_T \cdot H_T$ kennzeichnet also das (stochastische) Strahlenrisiko für den Körperteil T. Zusammengefasst gelten die Beziehungen[768]

$$R_S = \sum_T R_{S,T} = r_S \cdot \sum_T w_T \cdot H_T = r_S \cdot E \text{ mit}$$

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R}.$$

763 Dörschel et al. 1992: 117
764 Vogt Schulz 2011:72Vogt/Schultz 2011: 72
765 Vogt Schulz 2011:72Vogt/Schultz 2011: 72
766 Vogt Schulz 2011:72Vogt/Schultz 2011: 72
767 Z.B. Vogt/Schultz 2011: 74
768 Vogt/Schultz 2011: 72–73

Mit Hilfe der Organ-Folgedosis $H_T(\tau)$ lässt sich[769] mit $E(\tau) = \sum_T w_T \cdot H_T(\tau)$ die effektive Folgedosis definieren, die sich „aus einer Inkorporation radioaktiver Stoffe im Laufe des Zeitraums τ nach dem Inkorporationszeitpunkt t_0" ergibt

$$E(\tau) = \sum_T w_T \cdot \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t)dt$$

wobei $\dot{H}_T(t)$ die „zeitabhängige Organdosisleistung im betroffenen Gewebe oder Organ" ist.

Nach ICRP ist das oben erläuterte Detriment „*ein multidimensionaler Begriff. Seine Hauptbestandteile sind die stochastischen Effekte Wahrscheinlichkeit für attributable Krebsmortalität, gewichtete Wahrscheinlichkeit für attributable Krebserkrankungen ohne Todesfolge, gewichtete Wahrscheinlichkeit für schwerwiegende vererbbare Defekte oder vererbbare Erkrankungen und Verlust an Lebenszeit, wenn der Schaden eintritt*". [770] Um das Detriment als Gesamtschaden einer Strahlenexposition zu kennzeichnen, „*bei dem die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer möglichen Schadenswirkung in spezieller Weise mit ihrem Schweregrad und ihren Folgen kombiniert wird*",[771] wird analog zur Beziehung $R_S = r_S \cdot E$ zwischen der Wahrscheinlichkeit R_S einer stochastischen Strahlenwirkung nach einer Strahlenexposition und der effektiven Dosis E die Beziehung zwischen „*der Schadenserwartung G bei der Strahlenexposition einer Gruppe von N Personen*" und der effektiven Dosis E betrachtet[772]: $G = N \cdot g_d \cdot E$, wobei $g_d = \sum_T g_{d,T}$ die Summe der organbezogenen Detrimente $g_{d,T}$ ist und als (Gesamt-) Detriment bezeichnet wird. Für einen Körperteil T hängen Gewebe-Wichtungsfaktor und organbezogenes Detriment zusammen: $w_T = \frac{g_{d,T}}{g_d}$.

Von den Körperdosen („Organdosen", „Effektive Dosis") zu unterscheiden sind die messbaren Dosisgrößen, d.h. die Dosismessgrößen („Äquivalentdosis", „Ortsdosen", „Personendosen"). Man ordnet die Dosismessgrößen der Größenart der „Äquivalenzdosis" zu,[773] da ihre Ausgangsgröße die Äquivalentdosis H ist, die man „*aus der Weichteilenergiedosis und einem Wichtungsfaktor für die Strahlungsqualität berechnen kann*".[774] Die operativen Größen des praktischen Strahlenschutzes umfassen Ortsdosen (Umgebungs-Äquivalentdosis, Richtungs-Äquivalentdosis) und sind in einem Raumpunkt des Strahlungsfeldes definiert („Punktgrößen"). Diese operativen

769 Vgl. Vogt/Schultz 2011: 74
770 ICRP/BfS 2007: 29
771 Vogt/Schultz 2011: 73
772 Vogt/Schultz 2011: 73
773 Vogt/Schultz 2011: 62
774 Krieger 2009: 204

Größen sind für Messungen der Orts- und Personendosimetrie geeignet. Sie dienen zur konservativen Abschätzung der Körperdosisgrößen. Messungen von Ortsdosen dienen auch zur Festlegung von Strahlenschutzbereichen[775].

Maße für biologische Strahlungswirkungen: Qualitätsfaktoren, RBW-Faktoren

Auf Grund der besonderen Bedeutung der die biologischen Effekte beschreibenden strahlungsrelevanten Faktoren für den Strahlenschutz wird an dieser Stelle eine eingehendere Zusammenfassung der Größen gegeben, die den Zusammenhang zwischen Energiedosen und Äquivalentdosen darstellen.

Die biologischen Wirkungen können je nach Ionisierungsdichte bzw. linearem Energieübertragungsvermögen entlang der Teilchenspur[776] unterschiedliche oder verschieden starke biologische Wirkungen im Körpergewebe hervorrufen.[777] Ionisierungsdichte und lineare Energieübertragungsvermögen hängen wiederum von folgenden Eigenschaften der Teilchen ab: Energie, Ladung und Masse. Als Maß zur „*Beurteilung der unterschiedlichen biologischen Wirkungen verschiedener Strahlungen dient in der Strahlenbiologie die relative biologische Wirksamkeit (RBW). Die RBW gibt an, um wievielmal größer die Energiedosis einer Vergleichsstrahlung sein muss als die Energiedosis der zu bewertenden Strahlung, damit dieselbe biologische Wirkung zustande kommt. Da die RBW für die verschiedenen zu beobachtenden biologischen Effekte in komplizierter Weise von den unterschiedlichsten Einflussgrößen abhängig ist, sind für den praktischen Strahlenschutz vereinfachend pauschale Qualitätsfaktoren Q festgelegt worden, die eine einheitliche Bewertung verschiedener Strahlungen in Abhängigkeit von Strahlungsart und Strahlungsenergie ermöglichen sollen*“.[778]

Es gibt drei Gründe für die Einführung von Qualitätsfaktoren: erstens der Umstand, dass „*man im Strahlenschutz nicht immer weiß, auf welche der möglichen biologischen Wirkungen man sich im Einzelfall beziehen soll*“, zweitens die Komplexität des RBW-Faktors, der energie-, strahlungs- und dosisleistungsabhängig ist[779] sowie drittens die Beobachtung, dass das lineare Energieübertragungsvermögen für geladene Strahlungsteilchen in Wasser eng mit den

775 vgl §36 StrlSchV
776 „*In der [...] Nebelkammer wird die Spur einzelner schneller Atome, Ionen oder Elektronen sichtbar gemacht. Ein Teilchen mit genügend hoher kinetischer Energie kann bei Stößen mit den Atomen des Füllgases in der Kammer diese Atome ionisieren. Die Ionen entlang der Teilchenspur wirken in einem übersättigtem Wasserdampf als Kondensationskeime für die Bildung kleiner Wassertröpfchen [...], die bei Beleuchtung [...] als feine helle Spur sichtbar sind*“ (Demtröder 2010: 22).
777 Vogt/Schultz 2011: 62
778 Vogt/Schultz 2011: 63
779 Grupen et al. 2008: 7

biologischen Wirkungen verknüpft ist.[780] Die Qualitätsfaktoren Q hängen vom linearen Energie-Übertragungsvermögen L geladener Strahlungsteilchen in Wasser ab, d.h. die Gleichung $Q = Q(L)$ kennzeichnet die Abhängigkeit der Qualitätsfaktoren von den L-Werten der geladenen Strahlungsteilchen in Wasser. „*Das lineare Energieübertragungsvermögen (LET) ist die durch ionisierende Strahlung pro Wegstrecke deponierte Energie. Hierbei werden allerdings nur Energieübertragungsprozesse gezählt, deren Energieübertragung kleiner als ein vorgegebener Schnittparameter ist*“.[781] Strahlung mit hohem LET (Alphateilchen, Protonen, Neutronen) bezeichnet man als „dicht ionisierend“ und Strahlung mit niedrigem LET (Betateilchen, Positronen, Gamma- und Röntgenstrahlung) bezeichnet man als „locker ionisierend“.[782]

Das Produkt[783] aus dem Qualitätsfaktor Q an einem Punkt im Strahlungsfeld und der Energiedosis D für „ICRU-Weichteilgewebe“ ist die Äquivalentdosis H: $H = Q \cdot D$. Die Einheit der Äquivalentdosis ist 1 Sievert: $1\,Sv = 1\frac{J}{kg}$. Die Qualitätsfaktoren $Q(L)$ (und damit die Äquivalentdosis H) „*werden nicht im Zusammenhang mit Dosisgrenzwerten und Risikoabschätzungen verwendet*“. Sie dienen zur Definition der Äquivalentdosis „*als Basis für die Dosis-Messgrößen, die damit einerseits an den komplexen biologischen Wirkungen ausgerichtet sind und anderseits den Anforderungen einer eindeutigen Strahlenschutzmetrologie genügen*“.[784] Äquivalentdosen[785] H, die man als „einzelne mit der Strahlungsqualität gewichtete Weichteilenergiedosen“ ansehen kann, lassen sich addieren. Das Resultat lässt sich „*als Summe der zeitgleichen und zeitversetzten Einwirkungen verschiedener Strahlungsqualitäten und Strahlungsfelder*“ auffassen.[786]

Ortsdosen und Personendosen

Um Äquivalentdosen zu Strahlenschutzzwecken zu bestimmen, führt man als operative Dosismessgrößen Ortsdosen und Personendosen ein. Ortsdosen sind „*Äquivalentdosen an einem bestimmten Raumpunkt*“[787], die frei im Strahlenfeld zur Abschätzung der effektiven Dosis einer

780 Vogt/Schultz 2011: 63
781 Grupen et al. 2008: 294
782 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006: 20
783 Gegenüber dem hier verwendeten Produkt $H = Q \cdot D$ verwendet Grupen ein Produkt aus drei Faktoren: $H = Q \cdot f \cdot D$, wobei der dritte Faktor f “weitere stahlungsrelevante Faktoren, wie etwa die Dosisleistungsabhängigkeit oder reduzierte biologische Effekte durch eine fraktionierte Bestrahlung“ beschreibt (Grupen et al. 2008: 7–8).
784 Vogt/Schultz 2011: 64
785 Nach Krieger 2009: 313 stammt die Bezeichnung H für Äquivalenzdosen von dem Wort „Hazard“ (engl. Gefährdung, Risiko).
786 Krieger 2009: 312
787 Krieger 2009: 313

Person gemessen werden, „*wenn diese sich am Ort der Ortsdosis aufhalten würde*“[788]. Messungen von Ortsdosen dienen der vorsorglichen Überwachung von Arbeitsbedingungen von Personen, bei denen Strahlenexpositionen erwartet werden. Da durch das Fehlen einer Person „*die mit einem kleinen Detektor gemessene Energiedosis jedoch unter Umständen erheblich geringer*“ sein kann als „*diejenige Dosis, die in einem Aufpunkt in einem tatsächlich dort vorhandenen Körper durch eingestreute Strahlung zustande kommen würde*“[789], wird einerseits ein körperähnliches Phantom bei der Festlegung von Messgrößen der Ortsdosis zugrunde gelegt und andererseits eine konservative Abschätzung von Werten der Ortsdosis vorgenommen, die die tatsächliche effektive Dosis einer Person eher überschätzt als unterschätzt, „*da die Orientierung dieser Person zum Strahlenfeld im Allgemeinen bei der Ortsdosismessung nicht bekannt ist*“.[790]

Richtungs-Äquivalentdosen und Umgebungs-Äquivalentdosen:

Mit Hilfe von Ortsdosen und Ortsdosisleistungen (als deren zeitliche Ableitungen) werden Strahlenschutzbereiche (Kontroll-, Sperr- und Überwachungsbereiche) festgelegt und überwacht. Zum Beispiel sind in der Strahlenschutzverordnung (StrSchV) folgende Regelungen enthalten: nach § 36 Abs 1 StrSchV sind Sperrbereiche definiert als „*Bereiche des Kontrollbereichs, in denen die Ortsdosisleistung höher als 3 Millisievert durch Stunde sein kann*“, und nach § 39 StrSchV ist die Ortsdosis oder die Ortsdosisleistung „*in dem für die Ermittlung der Strahlenexposition erforderlichen Umfang jeweils einzeln oder in Kombination*“ zu messen. Bei der Ortsdosis, die der Äquivalentdosis in der Ortsdosimetrie entspricht, unterscheidet man je nach Strahlungsqualität zwischen *Richtungs-Äquivalentdosis* $H'(d,\vec{\Omega})$ und *Umgebungs-Äquivalentdosis* $H^*(d)$, wobei d die Eindringtiefe[791] und $\vec{\Omega}$ der Richtungsvektor des Strahleneinfalls ist, der die Bezugsrichtung wiedergibt.

Zudem sind in der Strahlenschutzverordnung die Begriffe „*aufgeweitetes Strahlungsfeld*“ und „*aufgeweitetes und ausgerichtetes Feld*“ wie folgt definiert:[792] Ein aufgeweitetes Strahlungsfeld ist „*ein idealisiertes Strahlungsfeld, in dem die Teilchenflussdichte und die Energie- und Richtungsverteilung der Strahlung an allen Punkten eines ausreichend großen Volumens die gleichen Werte aufweisen wie das tatsächliche Strahlungsfeld am interessierenden Punkt*“ und ein aufgeweitetes und ausgerichtetes Feld ein „*idealisiertes Strahlungsfeld, das aufgeweitet und in*

788 Vogt/Schultz 2011: 64
789 Vogt/Schultz 2011: 64
790 Krieger 2009: 313
791 Nach Krieger 2009: 315 ist der Parameter d „die Messtiefe im Phantom in Millimetern, die als Bezugstiefe für die Kalibrierung der Umgebungssonden verwendet wird“.
792 Ziegler 2011: 282

dem die Strahlung zusätzlich in eine Richtung ausgerichtet ist". Vereinfacht lassen sich die Begriffe wie folgt interpretieren: „aufgeweitet" entspricht „überall gleiche Teilchenflussdichte wie am Strahlungspunkt" und „ausgerichtet und aufgeweitet" entspricht „einheitliche Richtung der Strahlung".

So ist in der Anlage VI der Strahlenschutzverordnung für die Ortsdosimetrie die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ „*am interessierenden Punkt im tatsächlichen Strahlungsfeld" definiert, „die im zugehörigen ausgerichteten und aufgeweiteten Strahlungsfeld in 10 Millimeter Tiefe auf dem der Einfallsrichtung der Strahlung entgegengesetzt orientierten Radius der ICRU-Kugel erzeugt würde*". Dabei ist die ICRU-Kugel als „*ein kugelförmiges Phantom von 30 Zentimeter Durchmesser aus ICRU-Weichteilgewebe (gewebeäquivalentes Material der Dichte 1g/cm^3, Zusammensetzung: 76,2% Sauerstoff, 11,1% Kohlenstoff, 10,1% Wasserstoff, 2,6% Stickstoff)*" spezifiziert. Ebenfalls in der Anlage VI der Strahlenschutzverordnung ist für die Ortsdosimetrie die *Richtungs-Äquivalentdosis* $H'(0{,}07, \vec{\Omega})$ definiert und dort als $H'(0{,}07, \Omega)$ bezeichnet: „*Die Richtungs-Äquivalentdosis* $H'(0{,}07, \Omega)$ *am interessierenden Punkt im tatsächlichen Strahlungsfeld ist die Äquivalentdosis, die im zugehörigen aufgeweiteten Strahlungsfeld in 0,07 Millimeter Tiefe auf einem in festgelegter Richtung* Ω *orientierten Radius der ICRU-Kugel erzeugt würde*." [793] „*In der Praxis dürfte vor allem der bei Drehung des Ortsdosimeters angezeigte Maximalwert der Richtungs-Äquivalenzdosis am Messort Verwendung finden*"[794], dessen Richtungsvektor $\vec{\Omega}$ dann bei der Bezeichnung der $H'(d)$ weggelassen wird. So gilt $H'(0{,}07)$ als Schätzwert für die lokale Hautdosis bei Strahlung geringer Eindringtiefe und $H'(3)$ als Schätzwert für die Augenlinsendosis. Die Eindringtiefe 0,07mm wurde als Standardwert gewählt, weil dieser der Tiefe für die Basalschicht der obersten Hautschicht (Epidermis) entspricht.[795] Für die effektive Dosis und die Organdosen tiefliegender Organe bei *durchdringender Strahlung* gilt die Umgebungs-Äquivalentdosis $H^*(10)$ als „*zuverlässiger Schätzwert*"[796]. Zu den „durchdringenden Strahlungen" gehören Röntgenstrahlung ausreichender Energie, Hochenergiephotonen, Neutronenstrahlung und Strahlung von Elektronen hoher Energie und zu den „wenig durchdringenden Strahlungen" (d.h. Strahlungen mit geringer Eindringtiefe) z.B. Betastrahlung mit Maximalenergie Emax < 2 MeV oder sehr niederenergetische Röntgenstrahlung d.h. in einem Energiebereich unterhalb von 15 keV (Kiloelektronenvolt).[797]

793 Ziegler 2013:282
794 Vogt/Schultz 2011: 64
795 Vogt/Schultz 2011: 64
796 Vogt/Schultz 2011: 64
797 Krieger 2009: 3150

Personendosen sind die an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche gemessenen Äquivalentdosen für Weichteilgewebe, wobei „*im Unterschied zur Ortsdosimetrie Messungen unmittelbar an der strahlenexponierten Person vorgenommen*“[798] werden. D.h. „*anders als die Ortsdosisgrößen sind Personendosen im tatsächlichen Strahlenfeld definiert und werden am Körper der exponierten Person gemessen*“[799]. Die Messwerte der Personendosis stellen also „*bei geeigneter Trageweise des Dosimeters“ ein geeignetes „Maß für die während der Tätigkeit erfolgten Strahlenexposition*“ dar, auch wenn z.B. „*der Messwert eines am Rumpf getragenen Dosimeters im Allgemeinen von der Ausrichtung des Rumpfes im Strahlungsfeld und dessen Richtungsverteilung abhängt*“.[800] Für die Personendosimetrie werden bei durchdringender Strahlung die „Tiefen-Personendosis“ $H_P(10)$ zur Abschätzung der Effektiven Dosis und der Organdosen und die „Oberflächen-Personendosis“ $H_P(0{,}07)$ verwendet, die der „*Äquivalentdosis in ICRU-Weichteilgewebe in 10 mm Tiefe im Körper*“ entspricht und „*sowohl bei Photonen als auch bei Neutronen ausreichend sichere Abschätzungen der im praktischen Strahlenschutz zu überwachenden Körperdosen*“ liefert.[801] Gesetzlich[802] ist die Tiefen-Personendosis $H_P(10)$ als die „Äquivalentdosis in 10 Millimeter Tiefe im Körper an der Tragestelle des Personendosimeters“ und die Oberflächen-Personendosis $\mathrm{H_P}(0{,}07)$ als die „Äquivalentdosis in 0,07 Millimeter Tiefe im Körper an der Tragestelle des Personendosimeters“ definiert. Messwerte von $H_P(10)$ sind Schätzwerte für die effektive Dosis und die Organdosis tiefliegender Organe, Messwerte von $\mathrm{H_P}(0{,}07)$ Schätzwerte für die lokale Hautdosis und von $\mathrm{H_P}(3)$ Schätzwerte für die Augenlinsendosis, die „*über die Äquivalentdosis im 3 mm Tiefe erhalten*“ wird.[803]

Zu allen Energiedosen (Luft-Energiedosen, Wasser-Energiedosen), Ionendosen und Kerma, sowie zu allen radiologisch bewerteten Energiedosen in Geweben, die sich aus den Äquivalentdosen (Ortsdosen, Umgebungs-Äquivalentdosen, Richtungs-Äquivalentdosen) und Körperdosen (Organdosen, Organ-Folgedosen sowie effektive Dosen und effektive Folgedosen) zusammensetzen, gibt es – durch zeitliche Ableitungen – die entsprechenden Dosisleistungen (oder Dosisraten), die ein Maß für die momentane „Intensität“ des zugehörigen Strahlungsfeldes

798 Vogt/Schultz 2011: 68
799 Krieger 2009: 318
800 Vogt/Schultz 2011: 68
801 Vogt/Schultz 2011: 69
802 Anlage VI der Strahlenschutzverordnung (StrSchV)(Ziegler 2013: 282–285)
803 Vogt/Schultz 2011: 69

darstellen. „*Während die Dosis die Wirkung eines Strahlungsfeldes auf einen Körper kennzeichnet, gibt die Dosisleistung an, wie schnell diese Wirkung zustande kommen kann*“.[804]

Genetisch signifikante Dosen und Lebensalter-Folgeäquivalentdosen

Ein weiterer Dosisbegriff ist die „genetisch signifikante Dosis“ (in Sv), die den „*Mittelwert der entsprechend Alter, Geschlecht und Kindererwartung gewichteten Keimdrüsendosen eines Kollektivs*“ darstellt.[805] Die „*Wahrscheinlichkeit für schwere genetische Schäden beim Menschen [wird] zu* $\frac{1\,\%}{Sv}$ *angenommen, von denen je auf* $\frac{0{,}15\,\%}{Sv}$ *in Form dominanter Schäden in der ersten und der zweiten Folgegeneration auftreten*“.[806] „*Die Erhöhung der genetischen Schadensrate durch Bestrahlung wird […] für schwere genetische Schäden auf* $\frac{1\,\%}{Sv}$ *genetisch signifikanter Dosis geschätzt, die Wahrscheinlichkeit für einen sich manifestierenden strahleninduzierten schweren genetischen Schaden in den ersten beiden Generationen auf je* $\frac{0{,}15\,\%}{Sv}$*. Das mittlere genetische Risiko beträgt also nur* $\frac{1}{5}$ *des strahleninduzierten Krebsmortalitätsrisikos von* $\frac{5\,\%}{Sv}$*. Wird nur die arbeitende Bevölkerung betrachtet, reduziert sich die genetische Schadensrate durch Strahlenexposition wieder wegen der kürzeren Zeitspanne auf* $\frac{0{,}6\,\%}{Sv}$“.[807]

Um Dosen für Teile der Bevölkerung zu spezifizieren, verwendet man die „Kollektivdosis“, die „die Summe aller Individualdosen eines Kollektivs“ wiedergibt und die Einheit „Personen Sv“ hat.[808] Die Kollektivdosis ist also „*das Produkt aus der Anzahl der Personen der exponierten Bevölkerungsgruppe und der mittleren Dosis pro Person*“.[809] Die Kollektivdosis „*hat nur Bedeutung bei der Annahme einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung*“.[810] Z.B gilt für die am höchsten strahlenexponierte Berufsgruppe in Deutschland: die Kollektivdosis im Jahr 2008 der 37000 überwachten Personen des fliegende Personals in Deutschland beträgt 85 Personen-Sievert bei einer mittleren Jahresdosis pro Person in Höhe von 2,3 mSv.[811]

Da Dosisleistungen bzw. Dosisraten als zeitliche Ableitungen der Dosis definiert sind, wird durch ihre Integration über eine bestimmte vorzugebende Expositionsdauer („Integrationszeit“) die zugehörige Dosis ermittelt. So erzeugen Radionuklide, „*solange sie sich im Körper befinden, eine*

804 Vogt/Schultz 2011: 75
805 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006: 19
806 Krieger 2009: 460
807 Krieger 2009: 460
808 Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006: 19
809 Koelzer 2011a: 18
810 Rassow 1988: 9
811 Koelzer 2011a: 18

Dosis, die als Folgedosis bezeichnet wird".[812] Beispiele für zeitintegrierte Dosisleistungen sind die Folgeäquivalentdosis, die 50-Jahre-Folgeäquivalentdosis die Lebensalter-Folge-Äquivalentdosis. Sie sind wie folgt definiert:[813] Die Folgeäquivalentdosis ist $H_{T,\infty} := H_T(\infty) = \int_0^\infty \dot{H}_T(t)dt$, die *50-Jahre-Folgeäquivalentdosis* $H_{T,50} := H_T(50) = \int_0^{50} \dot{H}_T(t)dt$ für Erwachsene bzw. die 70-Jahre-Folgeäquivalentdosis $H_{T,70}$ für Kinder[814] und die Lebensalter-Folge-Äquivalentdosis ist $H_{T,L}$, die bis zum 70. Lebensjahr „*je nach Altersklasse über unterschiedlich lange Zeiträume integriert*" wird, wobei für Erwachsene „*als Integrationszeitraum 50 Jahre benutzt wird*".[815] Die Lebenszeitdosis aus der „*permanenten Einwirkung der natürlichen Strahlung*" lässt sich abschätzen und „*beträgt in Deutschland bei einer Lebenserwartung von 70 Jahren im Mittel 170 mSv*" ($170\,mSv \approx 70\,a \cdot 2.4\ {}^{mSv}/_{a}$) „*mit einer Schwankungsbreite zwischen ungefähr 100 mSv und 400 mSv, d.h. einer Schwankungsbreite von ca. 300 mSv*".[816]

Für die Lebensalter-Folge-Äquivalentdosis $H_{T,L}$ besteht die Beziehung[817]:

$$H_{T,L} = c \cdot N_s \cdot E_s(T \leftarrow S)$$

wobei gilt $c = 1.6 \cdot 10^{-10}\ \frac{Sv}{Bq}/\left(\frac{MeV}{g}\right)$,
N_s = Zahl der Kernumwandlungen in der Quellenregion S und
$E_s(T \leftarrow S)$ = spezifische effektive Energie (in ${}^{MeV}/_{g}$), die auf 1 Gramm der Targetregion aufgrund einer Kernumwandlung in der Quellenregion S übertragen wird.

Um die Organdosis aus der Aktivitätszufuhr A_Z zu ermitteln, werden Dosisfaktoren F_T (in ${}^{Sv}/_{Bq}$) eingeführt, die auf der Lebensalter-Folge-Äquivalentdosis beruhen.[818] Die Dosisfaktoren dienen „*zur Ermittlung der Strahlenexposition einzelner Organe und des gesamten Körpers durch inkorporierte radioaktive Stoffe*" und sind „*abhängig vom Radionuklid, von der Inkorporationsart (Inhalation/Ingestion), von der chemischen Verbindung des Radionuklids (löslich/unlöslich) sowie vom Alter der Person. [...]. Sie geben die Dosis in 21 Organen oder Geweben sowie die effektive Dosis für eine durch Inhalation oder Ingestion zugeführte Aktivität von 1 Becquerel an*".[819]

812 Strahlenschutzkommission 2009a: 19
813 Rassow 1988: 9
814 vgl. Strahlenschutzkommission 2009a: 19 und Anlage VI der Strahlenschutzverordnung zur Berechnung der Organ-Folgedosis
815 Rassow 1988: 9
816 Strahlenschutzkommission 2009a: 19,25
817 nach Rassow 1988: 9
818 Rassow 1988: 9. In Krieger 2009: 656-658sowie im Bundesanzeiger Nr. 185a vom 30.09.1989 sind Dosisfaktoren bei Inkorporation von Radionukliden tabelliert.
819 Koelzer 2001b: 47

Expositionen, Dosen und Eingreifrichtwerte bei Kernkraftwerksunfällen

Die bei einem nuklearen oder radiologischen Unfall (oder bei einem terroristischen Angriff) freigesetzten radioaktiven Stoffe können auf unterschiedlichen Expositionspfaden zu einer äußeren oder inneren Strahlenexposition des Menschen führen. Die Expositionspfade sind davon abhängig, ob es sich um eine äußere oder innere Strahlenexposition handelt.[820] Für die äußere Strahlenexposition existieren die Expositionspfade: Strahlung aus der radioaktiven Wolke, Strahlung aufgrund der Bodenkontamination, Strahlung aufgrund der Kontamination von Haut, Kleidung oder Gegenständen sowie Direktstrahlung aus der kerntechnischen Anlage. Dagegen sind die Expositionspfade der inneren Strahlenexposition wie folgt: Inhalation luftgetragener Stoffe aus der radioaktiven Wolke, Ingestion kontaminierter Lebensmittel, Inhalation durch Resuspension, d.h. in Folge aufgewirbelter Radionuklide, die „*zuvor schon auf dem Boden, auf den Gegenständen und der Kleidung abgelagert waren*." Unter den Expositionspfaden ist die der Direktstrahlung durch die verunfallte Anlage außerhalb des unmittelbaren Nahbereichs vernachlässigbar. Zudem ist der zur inneren Strahlenexposition gehörende Expositionspfad „Inhalation durch Resuspension" für die gemäßigten Klimazonen Mitteleuropas gegenüber dem Expositionspfad der äußeren Strahlenexposition „Strahlung auf Grund von Bodenkontamination" vernachlässigbar klein, sofern es sich bei den Radionukliden nicht überwiegend um α-Strahler handelt [821]

Durch Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung können Expositionspfade beeinflusst und Auswirkungen vermindert werden. So lassen sich[822] „alle Expositionspfade außer Ingestion" durch die Maßnahmen „Aufenthalt in Gebäuden", „Vorsorgliche Evakuierung in der Vorfreisetzungsphase", „Evakuierung in der Freisetzungsphase", „Zugangsbeschränkung, Absperrung von Gebieten", die „Inhalation von Radioiod" durch die Maßnahme „Einnahme von Jodtabletten (Einnahme von stabilem Iod)" und die „Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln" durch die Maßnahme „Eingriffe in die Versorgung mit Lebens- und Futtermitteln" beeinflussen. Ebenso gibt es Maßnahmen, die Einfluss auf die äußere Strahlenexposition haben: die „äußere Exposition durch abgelagerte Radionuklide, Inhalation durch Resuspension" wird durch die Maßnahmen „Temporäre Umsiedlung, Langfristige Umsiedlung", die „äußere Exposition durch auf der Haut und in den Haaren abgelagerte Radionuklide" durch die Maßnahme „Personendekontamination" und die „äußere Exposition durch abgelagerte Radionuklide und

820 Vgl. Tabelle 2.1. in Strahlenschutzkommission 2009a: 11
821 Strahlenschutzkommission 2009a: 11
822 entsprechend der Tabelle 4.1. in Strahlenschutzkommission 2009a: 21

Inkorporationen“ durch die Maßnahme „Dekontamination von Gegenständen, Immobilien und Gelände“ beieinflusst.[823]

Die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei einem radiologischen oder nuklearen Unfall dienen der Vermeidung deterministischer Wirkungen und der Verringerung (unfallbedingter hoher Risiken) stochastischer Wirkungen, die in zwei Grundsätzen der Radiologischen Grundlagen zum Ausdruck kommen[824]. Der Grundsatz der Vermeidung deterministischer Wirkungen besagt, dass „*schwerwiegende deterministische Wirkungen durch Maßnahmen zur Beschränkung der individuellen Strahlendosis auf Werte unter den Schwellendosen für diese Effekte unbedingt vermieden werden sollen*“, während der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit lautet, dass „*das Risiko stochastischer Wirkungen für die Einzelpersonen nur durch solche Maßnahmen herabgesetzt werden sollen, die für die betroffenen Personen mehr Nutzen als Schaden bringen*“. So ist nach dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit der bei niedrigen Strahlendosen durchgeführte Maßnahmen ist zu beachten, dass „Aufenthalt in Gebäuden“ und „Eingriffe in die Versorgung mit Lebens- und Futtermitteln“ zu den Maßnahmen gehören, die “*einen geringen Eingriff in das Leben der Einzelpersonen bedeuten*“, während „Evakuierung“ und „Umsiedlung“ Maßnahmen sind, die „*die Lebensumstände stark beeinflussen*“[825] bzw. „*einen schwerwiegenden Eingriff in das Leben der Bevölkerung darstellen*“[826]. Entsprechend gehen die Radiologischen Grundlagen davon aus, dass Maßnahmen, die mit schwerwiegenden Eingriffen in das Leben der Bevölkerung verbunden sind, „*nur gerechtfertigt sind, wenn durch sie unfallbedingte Dosiswerte mindestens in der Größenordnung der durch die natürliche Strahlenexposition während der gesamten Lebenszeit akkumulierten Strahlendosen vermieden werden können*“. Dagegen können „*einfach realisierbare Maßnahmen, wie z.B. der Aufenthalt in Gebäuden, die Einnahme von Jodtabletten oder die Einschränkung beim Verzehr von Nahrungsmitteln*“ – soweit sie einen geringen Eingriff in das Leben von Einzelpersonen darstellen – „*bereits bei deutlich niedrigen Dosiswerten initiiert werden*“.[827] Die *Radiologischen Grundlagen* schließen (wegen der natürlichen Schwankungsbreite der effektiven Lebensdosis in Deutschland in Höhe von ca. 300 mSv) daraus, dass es zu „*einem Dosis-Eingreifrichtwert in der Größenordnung von 300 mSv*“ kommt.[828]

---

823 Vgl. Strahlenschutzkommission 2009a: 21–23, wo auch die Maßnahmen im Einzelnen definiert sind. In der internationalen Literatur entspricht „*evacuation*“ den Maßnahmen „*Vorsorgliche Evakuierung in der Vorfreisetzungsphase*“ bzw. „*Evakuierung in der Freisetzungsphase*“, „*sheltering*“ der Maßnahme „*Aufenthalt in Gebäuden*“ und „*iodine blocking*“ der Maßnahme „*Einnahme von Jodtabletten*“ sowie „*relocation*“ der Maßnahme „*temporäre Umsiedelung*“ und „*resettlement*“ der Maßnahme „*langfristige Umsiedlung*“.

824 Strahlenschutzkommission 2009a: 23

825 Strahlenschutzkommission 2009a: 23

826 Strahlenschutzkommission 2009a: 25

827 Strahlenschutzkommission 2009a: 25

828 Strahlenschutzkommission 2009a: 25

Verwendet man die Definitionen nach ICRP 103 für die Begriffe „verbleibende Dosis“ (residual dose), „vermeidbare Dosis“ (averted dose) und „zu erwartende Dosis“ (projected dose)“, so gilt die Beziehung[829]

residual dose = projected dose – averted dose

Nach ICRP[830] sind die Definitionen wie folgt: Die „verbleibende Dosis“ (residual dose) ist „*der erwartete Wert der Dosis nach Durchführung von (einer) Schutzmaßnahme(n), (bzw. nachdem entschieden wurde, keine Maßnahme(n) zu treffen)*“, die „vermeidbare Dosis“ (averted dose) ist „*die durch Anwendung einer Schutzmaßnahme bzw. einer Reihe von Maßnahmen verhinderte oder vermeidbare Dosis, d.h. die Differenz zwischen der bei Nichtdurchführung der Maßnahme(n) zu erwartenden Dosis und der bei Durchführung der Maßnahme(n) tatsächlich zu erwartenden Dosis*“ und die „*zu erwartende Dosis*“ (*projected dose*) ist die „*Dosis, die man erwartet, wenn keine Schutzmaßnahmen zu treffen sind*.“

Entsprechend gilt für die zugehörigen Dosisleistungen (*dose rates*) als zeitliche Ableitungen, die die zeitlichen Ableitungen der jeweiligen Dosen in einem Zeitintervall $\Delta t = [t1, t2]$ darstellen:

$$\int_{t1}^{t2} \text{residual dose rate} = \int_{t1}^{t2} \text{projected dose rate} - \int_{t1}^{t2} \text{averted dose rate}$$

Zudem ist die “*averted dose*” ein Maßstab für die Effizienz einer Maßnahme. Wegen des in Deutschland nicht festgestellten Zusammenhangs „zwischen der natürlichen Strahlenexposition und gesundheitlichen Auswirkungen“ gibt es, wie erwähnt, nach den Radiologischen Grundlagen „*keinen Grund, bei sehr unwahrscheinlichen Ereignissen für so einschneidende Maßnahmen, wie Evakuierung und Umsiedlung, Eingreifrichtwerte unterhalb von 300 mSv pro Lebenszeit festzulegen*“[831] Somit sollte eine „averted dose“ bei schwerwiegenden Eingriffen in das Leben der Bevölkerung einer repräsentativen Person eine akkumulierte Dosis (bei Erwachsenen integriert über 50 Jahre und bei Kindern integriert über 70 Jahre) von mindestens 300 mSv ersparen können.

Die Strahlenexposition nach einem kerntechnischen Unfall ist zeitlich „nicht homogen“, d.h. die Gesamtdosisleistung in Abhängigkeit von den Dosisleistungen über alle Expositionspfade ist

829 Es wird hier die englische Bezeichnung verwendet, da die deutschen Übersetzungen uneinheitlich sind: „*projected dose*“ heißt in der deutschen Ausgabe „*voraussehbarer Dosiswert*“ (ICRP 60) bzw. „*zu erwartende Dosis*“(ICRP 103), „*averted dose*“ heißt „*vermiedene Dosis*“ (ICRP 60) bzw. „*vermeidbare Dosis*“ (ICRP 103), „*residual dose*“ als „*verbleibende Dosis*“ (ICRP 103) wird an einer Stelle (ICRP/BfS 2007: 16) in der deutschen Übersetzung als „*Restdosis*“ bezeichnet. (ICRP 2007 , ICRP/BfS 2007)

830 ICRP 2007: 23

831 Strahlenschutzkommission 2009a: 25–26

zeitlich nicht konstant. Insbesondere ist die Strahlenexposition „im Zeitraum der Freisetzung bis wenige Wochen und Monate danach deutlich erhöht“. Ein qualitativer Verlauf der Gesamtdosisleistung als Summe der Dosisleitungen über die Expositionspfade „Inhalation, Direktstrahlung, Bodenkontamination und Ingestion“ ist in der nachstehenden Grafik (Abbildung 1)[832] wiedergegeben. Hieraus ergibt sich, dass in der Wolkenphase, also in der Frühphase eines kerntechnischen Unfalls, hohe Kurzzeitdosen auftreten können, die bis in den hohen Dosisbereich mit deterministischen Schäden reichen können und deshalb durch Evakuierung vermieden werden müssen.

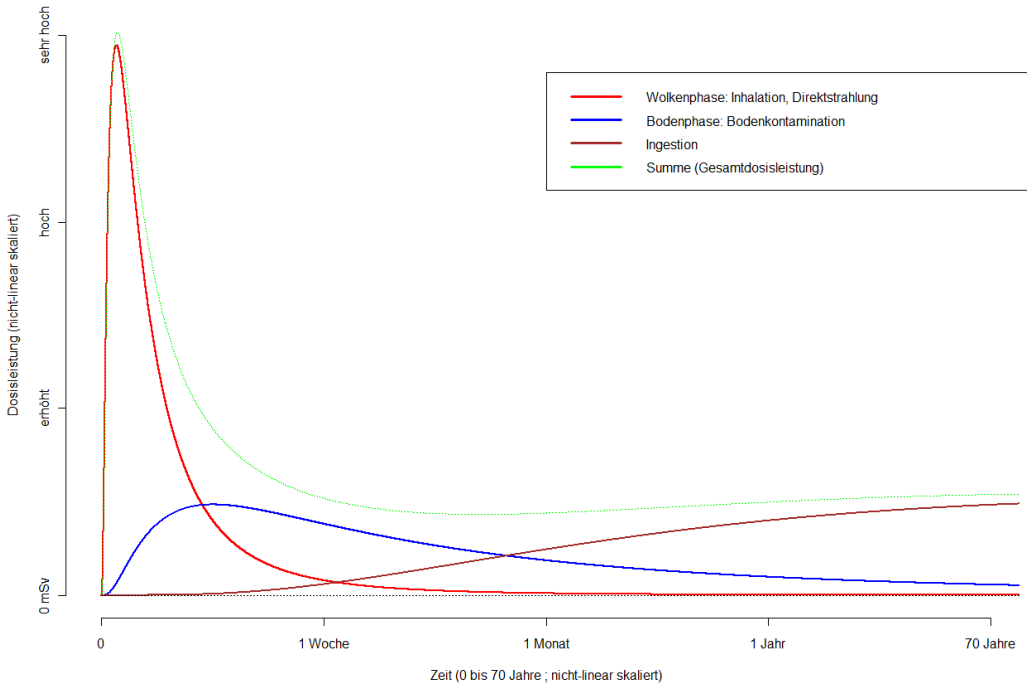


Abbildung 1: Dosisleistungen in Abhängigkeit von der Zeit (qualitativ)

Eingreifrichtwerte (action levels, intervention levels) sind als nationale Planungswerte für Schutzmaßnahmen der Bevölkerung festzulegen. Sie zu spezifizieren ist eine sehr komplexe Aufgabe, da die Entscheidungsgrundlagen sowohl von schwer quantifizierbaren Einflüssen (z.B. Reaktionen der Bevölkerung, sozio-psychologische Effekte, Charakteristik der betroffenen Maßnahmengebiete, Durchführbarkeit von Maßnahmen) sowie von zahlreichen weiteren Unabwägbarkeiten abhängen. Zu diesen Unabwägbarkeiten gehören: die Ungenauigkeit und Unsicherheit der meteorologischen und radiologischen Situation, die u.a. bei der Abschätzung des Quellterms bzw. der radioaktiven Inventars der Anlage entsteht, sowie die Art und der Umfang der

832 Vgl. Mustonen 2005a

freigesetzten Radionuklide. Ebenfalls können sich schwer zu quantifizierende Einflüsse ergeben, die auf Ungenauigkeiten bei der Prognose des Wettergeschehens, auf Fehler bei den Modellen und der Anwendung von Verfahren zur Ausbreitungs– und Dosisberechnungen sowie auf Schätzfehler bei der Annahme der Größen von Schutzfaktoren (bzw. der Höhe der Wirksamkeit von Maßnahmen) beruhen.

Während Eingreifrichtwerte sich „*auf die durch individuelle Schutzmaßnahmen vermiedenen Dosen*“[833] beziehen, beziehen sich die auf die Bewertung von Schutzstrategien verwendeten Referenzwerte nach ICRP 103 auf die verbleibende Dosis. „*Referenzwerte für die höchsten geplanten Werte der verbleibenden Dosis in Notfallsituationen liegen typischerweise im Bereich von 20 mSv bis 100 mSv der zu erwartenden Dosis*“.[834] Nach ICRP[835] beträgt im Fall der Exposition der Bevölkerung der Referenzwert „*bei der Planung typischerweise zwischen 20 und 100 mSv/ Jahr entsprechend der vorherrschenden Situation*“. Gegenüber dieser Empfehlung aus dem Jahr 2007 hat die ICRP in früheren Empfehlungen (aus dem Jahr 1990 sowie in nachfolgenden Veröffentlichungen) maßnahmenabhängige Interventionsschwellen festgelegt, z.B. „*5–50 mSv in 2 Tagen*“ für Aufenthalt in Gebäuden, „*50–500 mSv in 1 Woche*“ für temporäre Evakuierung, „*100 mSv (1. Jahr) bzw. 1000 mSv*“ für dauerhafte Umsiedlung und „“*50–500 mSv (Schilddrüse)*“ für Einnahme von Jodtabletten.

Die Eingreifrichtwerte werden in dieser Arbeit auch als „Grenzwerte“ bezeichnetet werden, da sie der Dosisbegrenzungen dienen (soweit dies in Notfallsituationen überhaupt möglich ist). In ICRP 103 werden für Dosisbegrenzungen die Begriffe „Grenzwerte, Richtwerte, Referenzwerte“ je nach Bezug auf die Art der Expositionssituation und die Expositionskategorie (neu) definiert[836]: Beschränkt man sich auf die beiden Expositionskategorien „Berufliche Exposition“ und „Exposition der Bevölkerung“ (und lässt die „Medizinische Exposition“ außer Acht), so sind die Begriffe „Dosisgrenzwerte“ und „Dosisrichtwerte“ für die Expositionssituation „Geplante Expositionen“ definiert, während der Begriff „Referenzwert“ für die Expositionssituation „Notfallsituation“ verwendet wird.[837]

Dosisrichtwerte („dose constraints“) werden nach ICRP[838] wie folgt definiert: „*Ein Dosisrichtwert ist eine prospektive und quellenbezogene Beschränkung der Körperdosis durch eine Quelle in*

833 ICRP/BfS 2007: 111
834 ICRP/BfS 2007: 103
835 ICRP/BfS 2007: 110
836 ICRP/BfS 2007: 88
837 Im Sinne der Definition nach ICRP 103 betreffen große Teile der vorliegenden Arbeit „Anforderungen an die Harmonisierung von Referenzwerten im Notfallschutz“ (ICRP/BfS 2007).
838 ICRP/BfS 2007: 89

geplanten Expositionssituationen (Ausnahme: medizinische Expositionen von Patienten), die bei der Optimierung des Schutzes für diese Quelle als Obergrenze für die erwartete Dosis dient."

Referenzwerte in Notfallsituationen werden nach ICRP[839] wie folgt beschrieben: „*In Notfallsituationen wird der Referenzwert als Gesamtwert der durch den Notfall bedingten verbleibenden Dosis für eine Person ausgedrückt, den die zuständige Behörde nicht zu überschreiten plant. Dieser Gesamtwert kann entweder auf eine akute Exposition (ohne Erwartung einer Wiederholung) oder, im Fall einer zeitlich lang anhaltenden Exposition, auf ein Jahr bezogen sein"*. Mit der Veröffentlichung von ICRP 103 (2007) hat gegenüber ICRP 60 (1992) eine Änderung der Konzeption stattgefunden: Während in ICRP 60 das Konzept der vermeidbaren Dosis „*Grundlage für die Optimierung der individuellen Schutzmaßnahmen"* ist und „*die gesamte Schutzstrategie bestimmt*", wird nach ICRP 103 „*die Optimierung eher auf die Gesamtstrategie als auf individuelle Maßnahmen bezogen*", wobei „*Rechtfertigungs- und Optimierungsstrategien für die Anwendung in Notfall-Expositionssituationen von Bedeutung sind*" und „*das Optimierungsverfahren durch Referenzwerte bestimmt sein soll*".[840] In den nationalen Regelungen, z.B. in dem untergesetzlichen Regelwerk im radiologischen und nuklearen Notfallschutz in Deutschland, ist die Änderung der Konzeption im Sinne der ICRP 103 noch nicht umgesetzt. Es ist zu erwarten, dass die Implementierung im Zusammenhang mit der Einführung der neuen Europäischen Grundnormen im Strahlenschutz in allen Ländern der Europäischen Union erfolgen wird[841], da die ICRP - Empfehlungen von 2007 „*als eine wichtige Vorgabe für die Revision der Europäischen Grundnormen im Strahlenschutz*" angesehen werden.[842]

12.2 Dosisgrenzwerte (Eingreifrichtwerte) und deren Parameter

Die in den nationalen Regelungen festgelegten Eingreifrichtwerte („intervention levels") zur Begrenzung von Dosen im Notfallschutz sowie die entsprechenden Empfehlungen internationaler Organisationen (EU, IAEA, ICRP, WHO) sind abhängig von den Schutzmaßnahmen, z.B. „evacuation, sheltering, thyroid blocking, relocation/resettlement". Sie unterscheiden sich häufig in einigen der nachstehenden in Tabelle 4 genannten fünf Parameter[843], die (in die deutsche Sprache übersetzt) als Dosiskriterium, Höhe des Interventionsniveaus, Dosis-Typ, Integrationszeit und Expositionspfad bezeichnet werden können. Die Parameter können wiederum verschiedene

839 ICRP/BfS 2007: 91-92
840 ICRP/BfS 2007: 102
841 Derzeit (2012 und 2013) werden die EURATOM-Grundnormen (EURATOM 1996) im Konsultationsprozess mit den Mitgliedstaaten von EURATOM überarbeitet.
842 ICRP/BfS 2007: 6
843 Für den Parameter *integration time* (Integrationsdauer) kann wegen der Ausprägungen „*7 days", „less than 7 days", „no more than a few days*" statt einer Intervall- bzw. Verhältnisskala in der Tabelle allenfalls eine Ordnungsstruktur angegeben werden.

Werte („Ausprägungen“) annehmen, deren Eigenschaften sich in den Stufen der Skalierbarkeit („Skalenniveau“) unterscheiden:[844]

Parameter	**Ausprägungen**	**Skalenniveau**
dose criterion	AD: averted dose PD: projected dose	Nominalskala
intervention level value	mSv (Zahl oder Intervall)	Intervallskala
dose type	ED: effective dose OD: organ dose	Nominalskala
integration time	d: days	Ordinalskala
exposure pathway	ER: external radiation Inh: Inhalation Ing: Ingestion	Nominalskala

Tabelle 4: Parameter von Eingreifrichtwerten

Darüber hinaus gibt es weitere Parameter, bei denen sich die nationalen Regelungen zum Schutz der Bevölkerung im nuklearen Notfall mit radiologischen Auswirkungen unterscheiden. Z.B. betrifft dies die Festlegung bestimmter Bevölkerungsgruppen, die von der Schutzmaßnahme betroffen sind. So werden hinsichtlich der unterschiedlichen Auswirkungen die strahlenexponierten Bevölkerungsgruppen häufig gesondert betrachtet: Neugeborene (neonates), Säuglinge (infants), Kinder (children), Schwangere und Stillende (pregnant and breastfeeding women), Erwachsene zwischen 18 und 45 oder über 45 Jahren.[845] Auch unterscheiden sich die nationalen Regelungen bei der Einführung von „sekundären Interventionsrichtwerten“[846], die unter bestimmten Annahmen aus den Eingreifrichtwerten abgeleitet werden und der direkten Messung zugänglich sind. Für „*die unmittelbare Entscheidungsfindung sind Dosis-Eingreifrichtwerte wenig geeignet, da es sich um rechnerische Größen (hauptsächlich effektive Dosis!) handelt und sie auch nicht unmittelbar durch Messung zu gewinnen sind. Daher müssen die festgelegten Dosis-Eingreifrichtwerte auf messbare Größen zurückgeführt werden, die in der Entscheidungssituation zur Verfügung stehen können*“.[847]

Als Messgrößen für abgeleitete Eingreifrichtwerte sind insbesondere vier Größen geeignet[848]: erstens die Ortsdosisleistung, hervorgerufen durch kontaminierten Boden, kontaminierte Gegenstände, Kleidungs- und Hautkontamination, zweitens die Oberflächenkontamination (Boden, Gegenstände, Haut), drittens die Spezifische Aktivität, z. B. in Nahrungsmitteln und Trinkwasser, in Futtermitteln, im Boden sowie in Oberflächengewässern sowie viertens die

844 Diese Eigenschaften spielen bei der Auswertung, z.B. mit Hilfe der beschreibenden Statistik, eine Rolle.
845 engl. „adults between 18 and 45 years or between 18 and 40, adults over 45 years.”
846 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 47-49
847 Strahlenschutzkommission 2010: 1.9
848 Strahlenschutzkommission 2010: 1.9

(zeitintegrierte) Aktivitätskonzentration in der Luft. „*Die zeitintegrierte Luftkonzentration wird praktisch durch die Summe der gemessenen Aktivitätskonzentration, multipliziert mit der Zeitspanne, während der eine betrachtete Person der jeweiligen Luftkonzentration ausgesetzt ist, ermittelt*.“[849]

Für Katastrophen- und Strahlenschutzvorsorgemaßnahmen lassen sich folgende Größen ableiten,[850] wobei das Becquerel als Einheit der Aktivität (1Becquerel (Bq) = 1 Zerfall pro Sekunde)[851] in die physikalische Einheiten der abgeleiteten Richtwerte einfließt:

Verfügbare Information	Eingangsgröße	Physikalische Einheit des abgeleiteten Richtwerts
Freigesetzte Aktivität	Quellterm	Bq
Ortsdosisleistung	Ortsdosisleistung durch Bodenkontamination	$\mu\mathrm{Sv} \cdot \mathrm{h}^{-1}$
Zeitintegrierte Aktivitätskonzentration	Zeitintegrierte Aktivitätskonzentration in der Luft	$\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^{-3}$
Bodenkontamination	Bodenkontamination	$\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{m}^{-2}$
Spezifische Aktivität	Spezifische Aktivität in Abfällen	$\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{kg}^{-1}$
Aktivitätskonzentration	Aktivitätskonzentration im Wasser	$\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{l}^{-1}$
Aktivität auf Filtern	Integrierte Aktivität auf Filter	Bq

Tabelle 5: Abgeleitete Richtwerte

So dienen Luftkonzentrationswerte in $(kBq)/m^3$ als abgeleitete Richtwerte zur Einnahme von Kaliumiodidtabletten, „*wenn die I-131-Aktivitätskonzentration (aerosol- und gasförmig) die […] Werte übersteigt oder es absehbar ist, dass sie sie übersteigen wird*“.[852] Als abgeleitete Richtwerte in Deutschland dienen beim Auftreten luftgetragener Aktivität zeitintegrierte Luftkonzentrationen in $\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{h} \cdot \mathrm{m}^{-3}$, deren Höhen für Cs-137, radioaktive Edelgase und I-131 gesondert festgelegt sind, und bei Ablagerung radioaktiver Stoffe Werte für Bodenkontaminationen in $\mathrm{Bq} \cdot \mathrm{m}^{-2}$ bezogen auf die Radioisotope Cs-137 und I-131, bei deren Überschreiten die Einleitung bestimmter Schutzmaßnahmen (darunter Aufenthalt in Gebäuden; Evakuierung, Einnahme von Jodtabletten und Tragen von provisorischem Atemschutz) vorgesehen ist.[853]

Aus dem über 500-seitigen Maßnahmenkatalog[854] ist ersichtlich, dass es allein im deutschen Regelwerk eine Fülle von abgeleiteten Richtwerten gibt. Daher ist es zweckmäßig, sich bei einem internationalen Vergleich der Parameter zunächst auf wenige der o.g. Parameter dosisbezogener

849 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 47
850 Vgl. das „Orientierungsschema Referenznuklid *I 131, Gamma-Ortsdosisleistung“ des Maßnahmenkatalogs (Strahlenschutzkommission 2010: 2.4).
851 Grupen et al. 2008: 4
852 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 47
853 Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 47
854 Strahlenschutzkommission 2010

Größen zu konzentrieren. Im Maßnahmenkatalog[855] sind auch die acht Expositionspfade aufgeführt, die nach bei einer unfallbedingten Freisetzung grundsätzlich möglich sind. Dabei handelt es sich um die Gamma-Wolkenstrahlung (Gamma-Submersion), die Beta-Wolkenstrahlung, die Gamma-Strahlung durch externe Quellen, die Gamma-Bodenstrahlung, die Beta-Bodenstrahlung, die Exposition durch kontaminierte Haut und Kleidung,, die Exposition nach Inhalation radioaktiver Stoffe sowie dieExposition nach Ingestion radioaktiver Stoffe. Der Beitrag Beta-Strahlung (Boden- und Wolkenstrahlung) wird im Allgemeinen nicht berücksichtigt, weil „*ihr Beitrag zur effektiven Dosis aufgrund der geringen Reichweite und der Absorption in den oberen Schichten der Haut gering ist*“. [856] Zu jeder Maßnahme gehören bestimmte beeinflussbare Expositionspfade[857], z.B. wird durch die „Einnahme von Iodtabletten“ die Wirkung von „Inhalation von Radioiod“ beeinflusst. In der Regel wird in den nationalen Regelungen für Maßnahmen nur ein (besonders relevanter) Teil der Expositionspfade bei der Festlegung von Dosen (Eingreifrichtwerten) betrachtet. So wird in Deutschland als *Eingreifrichtwert für langfristige Umsiedlung* eine auf 1 Jahr bezogene Dosis „*als Folge äußerer Exposition durch auf dem Erdboden oder sonstigen Oberflächen abgelagerten Radionuklide*“[858] betrachtet und als *Eingreifrichtwert für die Einnahme von Iodtabletten* der Expositionspfad „*Inhalation von Radioiodid*“, der über einen Integrationszeitraum von 7 Tagen zu einer bestimmten Schilddrüsendosis (Organ-Folgedosis) führt.[859] Verglichen mit der Realität benutzt man in den Modellen zur Dosis- und Ausbreitungsrechnung eine geringere Zahl von Expositionspfaden bei äußeren oder inneren Strahlenexpositionen des Menschen.[860]

855 Strahlenschutzkommission 2010: 1.11-1.12
856 Strahlenschutzkommission 2010: 1.11-1,12
857 Eine Tabelle von Maßnahmen und „*Expositionspfaden, zu deren Beeinflussung die Maßnahmen geeignet sind*“, ist in den Radiologischen Grundlagen enthalten (Strahlenschutzkommission 2009a: 21)
858 Strahlenschutzkommission 2009a: 29
859 Strahlenschutzkommission 2009a: 28
860 Strahlenschutzkommission 2009a: 11

13. B: Datenlage, Beschreibungsmatrix und Referenzniveau

Zur Harmonisierung von grenzüberschreitenden Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung bei Kernkraftwerksunfällen spielen die dosisbezogenen Kriterien für die Einleitung der Katastrophenschutzmaßnahme Evakuierung, Verbleiben in Gebäuden und Jodblockade eine herausragende Rolle. Als Kriterien gelten in den Ländern nationale Eingreifrichtwerte (Trigger-Werte). Diese müssen untereinander verglichen und nach Möglichkeit vereinheitlicht werden, damit zumindest die mit den Unfalllabläufen verbundenen Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus havarierten Reaktoren aus radiologischer Sicht einheitlich bewertet werden. In diesem Kapitel werden im ersten Teil unter der Bezeichnung „Datenlage“ Bestandsaufnahmen im Rahmen von Vergleichsstudien dargestellt, im zweiten Teil („Beschreibungsmatrix und Referenzniveau“) ein einheitlicher Satz von Parametern für verschiedene Maßnahmen[861] dargestellt, der von der internationalen Arbeitsgruppe EPAL erarbeitet wurde, und abschließend dieses EPAL-Referenzniveau mit den gültigen deutschen Eingreifrichtwerten (Tabelle 18) und den Strahlenschutzkriterien in Notfall- Expositionssituationen der internationalen Strahlenschutz-kommission ICRP (Tabelle 19) verglichen.

13.1 Datenlage

Um Anforderungen an die Harmonisierung von Dosisgrenzwerten im Notfallschutz zu stellen, ist die Betrachtung einer Auswahl aus den zahlreichen Parametern und Kenngrößen erforderlich. Es gibt nur wenige Erhebungen und Vergleichsstudien, die sich mit ausgewählten Dosisgrenzwerten (Eingreifrichtwerten) und deren unterschiedlichen Festlegungen befassen. Die Ansätze zur Analyse der wissenschaftlich-technischen Zusammenhänge sind verschieden und die Ergebnisse dieser Studien kaum untereinander vergleichbar. Im Folgenden werden drei Untersuchungen aus den letzten zehn Jahren betrachtet: EPAL(2008), TÜV/BMU (2003) und RISKAUDIT (2010).[862]

Die entsprechende Eingreifrichtwerte aus den Untersuchungen werden nachstehend in komprimierter Form im Wesentlichen in vier Tabellen wiedergegeben, wobei der Schwerpunkt auf dosisbezogene Werte für die Maßnahmen „evacuation“, „sheltering“ und „iodine blocking“ liegt.

861 Siehe Tabelle 12 bis Tabelle 17

862 EPAL 2008, BMU 2003, RISKAUDIT 2010. Zu zwei der genannten Vergleichsstudien hat der Verfasser Beiträge geleistet.: 1) zu dem unveröffentlichten Ergebnisbericht (EPAL 2008, 2010) der von 2007 bis 2010 existierenden internationalen Arbeitsgruppe EPAL (Emergency Preparendness and Action Levels) und 2) zu dem „Gemeinsamen Bericht“ (Common Report 2007) der„5-Länder-Arbeitsgruppe“, dessen Resultate in die Riskaudit EU-Vergleichsstudie (RISKAUDIT 2010) eingeflossen sind. In die Arbeiten von EPAL und deren Empfehlungen zu Eingreifrichtwerten brachten die in EPAL vertretenden Mitglieder aus den skandinavischen Ländern die „Nordic Intervention Criteria“ (Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden 2001) ein.

Die Inhalte dieser vier Tabellen[863] fassen zahlreiche Daten aus Kapitel 15 zusammen. Dort sind acht Tabellen unter den Kurzbezeichnungen EPAL1, …, RISKAUDIT2 entsprechend der Liste in Tabelle 6 aufgeführt, die die „Eingreifwerte und Maßnahmen“ aus den drei Vergleichsstudien (Untersuchungen) in übersichtlicher Form wiedergeben.

Vergleichsstudie	Tabelle im Kapitel 15	Eingreifrichtwerte & Maßnahmen
EPAL	EPAL1	Evacuation for Population
	EPAL2	Sheltering for Population
	EPAL3	Thyroid Blocking
TÜV/BMU	TÜV/BMU1	Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden
	TÜV/BMU2	Eingreifrichtwerte für Jodblockade
	TÜV/BMU3	Eingreifrichtwerte für (vorsorgliche) Evakuierung
RISKAUDIT	RISKAUDIT1	Emergency reference levels in Europe for iodine intake
	RISKAUDIT2	Decision-making supporting elements for iodine intake

Tabelle 6: Vergleichsstudien und maßnahmenbezogene Eingreifrichtwerte

Insgesamt wurden 27 Länder in den drei Vergleichsstudien berücksichtigt und die Empfehlungen zu Eingreifrichtwerten von ICRP, WHO und IAEA betrachtet. Wie Tabelle 6 zeigt, betrachten die Studien EPAL und TÜV/BMU die wichtigsten Katastrophenschutzmaßnahmen, während RISKAUDIT sich ausschließlich auf die Maßnahme Jodblockade bezieht. Eine Übersicht über die in den Vergleichsstudien erfassten Länder gibt Tabelle 7:

863 Tabelle 7 bis Tabelle 11 von Kapitel 13.1

Land		Vergleichsstudie		
		EPAL	TÜV/BMU	RISKAUDIT
Belgien	Belgium	x	x	x
Bulgarien	Bulgaria	x		(x)
Dänemark	Denmark		x	x
Deutschland	Germany	x	x	x
Finnland	Finland	x	x	x
Frankreich	France		x	x
Großbritannien	United Kingdom	x	x	x
Italien	Italy			x
Japan	Japan		x	(x)
Kroatien	Croatia			x
Litauen	Lithuania			x
Luxemburg	Luxembourg		x	x
Niederlande	Netherlands	x	x	x
Norwegen	Norway	x		x
Österreich	Austria	x	x	
Polen	Poland		x	x
Rumänien	Romania	x		x
Russland	Russia		x	(x)
Schweden	Sweden		x	x
Schweiz	Switzerland		x	x
Slowakei	Slovakia		x	x
Slowenien	Slovenia		x	x
Spanien	Spain	x	x	x
Tschechien	Czech Republic		x	x
Türkei	Turkey			x
Ungarn	Hungary	x	x	x
USA	USA		x	(x)

Tabelle 7: In den Vergleichsstudien berücksichtigte Länder

Eine direkte Vergleichbarkeit der Studienergebnisse ist schon deshalb nicht möglich, weil die Studien zu verschiedenen Zeiten erstellt wurden und in diesem Zeitraum mehrere Staaten, darunter Frankreich und die Niederlande, ihre Eingreifrichtwerte geändert haben.

Einzelheiten zu den Daten in den drei Studien sind, wie erwähnt, in den Tabellen im Kapitel „D: Tabellen von Eingreifrichtwerten“ (Seite 297ff) zu finden. Eine grobe Zusammenfassung der festgelegten Richtwerte für die Effektive Dosis bei den Maßnahmen „Aufenthalt in Gebäuden“ und „(vorsorgliche) Evakuierung“ sowie für die Schilddrüsendosis „Einnahme von Jodtabletten für Kinder“ auf der Basis der TÜV/BMU-Studie ist in den nachstehenden drei Tabellen wiedergegeben:

TÜV/BMU-Studie :Eingreifrichtwerte effektive Dosis für die Maßnahme „(Vorsorgliche) Evakuierung“						
Land	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Land**	**mSv**	**Integrations-zeit**
Belgien	AD: 50-150	14 d		Polen	AD: 100	7d
Dänemark	AD: 50-500	7d		Russland	PD: 50-500	10d
Deutschland	PD: 100	7d		Schweden	AD: 3 – 30 bzw. 50	d bzw. 7d
Finnland	AD: 50	7d		Schweiz	PD: 100-500	1a
Frankreich	PD: 50	< 7d		Slowakei	AD: 50	7d
Großbritannien	AD: 30 – 300	a few days		Spanien	AD: 100-500	7d
Japan	? : 50	?		Tschechien	AD: 100 , PD: 50-500	7d , 7d
Luxemburg	PD: 30 -300	7d		Ungarn	AD: 100	7d
Niederlande	PD: 1000	1d		USA	PD: 50	4d
Österreich	PD: 25-250	1a				
Internationale Organisation	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Internationale Organisation**	**mSv**	**Integrations-zeit**
EU	AD: >10….100	Durchzug		NEA	100	Durchzug
ICRP	AD: 500	Durchzug		WHO	10	Durchzug
IAEA	AD: 100	Durchzug				
AD = averted dose , PD = projected dose , Durchzug = Durchzugszeit der Wolke, d = Tage , a = Jahr						

Tabelle 8: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für (vorsorgliche) Evakuierung

TÜV/BMU-Studie :Eingreifrichtwerte effektive Dosis für die Maßnahme „Aufenthalt in Gebäuden“						
Land	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Land**	**mSv**	**Integrati-onszeit**
Belgien	AV: 5-15	1 d		Polen	AD: 10	2d
Dänemark	AV: 5-50	2 d		Russland	PD: 5-50	10d
Deutschland	PD: 10	7d		Schweden	AD: 1-10; 10	6 h ; 2 d
Finnland	AV: 10	2d		Schweiz	PD: 1-10 (Haus) PD: 10-100 (Keller)	1a
Frankreich	PD: 10	2d		Slowakei	AD: 10	2d
Großbritannien	AD: 3-30	Dauer		Spanien	PD: 5-25	2d
Japan	?: 10-50	?		Tschechien	PD: 5-50 ; AD: 10	7d ; 5d
Luxemburg	PD: 30-300			Ungarn	AD: 10	2d
Niederlande	PD: 5-50			USA	PD: 1-50	4d
Österreich	PD: 2.5-25					

Internationale Organisation	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Internationale Organisation**	**mSv**	**Integrations-zeit**
EU	einige bis einige zehn h	-		NEA	AD: 10	
ICRP	AD: 50	einige h		WHO	AD: 10	
IAEA	AD: 10	2d				
AD = averted dose , PD = projected dose , Dauer = Dauer der Maßnahme, h= Stunden, d = Tage , a = Jahr						

Tabelle 9: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden

TÜV/BMU-Studie :Eingreifrichtwerte Schilddrüsendosis für die Maßnahme „Einnahme Iodtabletten für Kinder“						
Land	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Land**	**mSv**	**Integrations-- zeit**
Belgien	AV: 50	Durchzug		Polen	AD: 100	Durchzug
Dänemark	--	--		Russland	PD: 100-1000	10d
Deutschland	PD: 50	Durchzug		Schweden	AD: 10-100	Durchzug
Finnland	AD: 10	Durchzug		Schweiz	PD: 30-300	1a
Frankreich	PD: 100	7d		Slowakei	AD: 100	Durchzug
Großbritannien	AD: 30-300	Durchzug		Spanien	PD: 50-250	Durchzug
Japan	Expertenentscheidung			Tschechien	PD: 50-500 AD: 100	Durchzug 7d
Luxemburg	PD: 30-250	7d		Ungarn	AD: 100	Durchzug
Niederlande	PD: 500	1d		USA	PD: 50	Durchzug
Österreich	PD: 10	Durchzug				
Internationale Organisation	**mSv**	**Integrations -zeit**		**Internationale Organisation**	**mSv**	**Integrations-zeit**
EU	AD: > 10…100	Durchzug		NEA	AD: 100	Durchzug
ICRP	AD: 500	Durchzug		WHO	AD: 10	Durchzug
IAEA	AD: 100	Durchzug				
AD = averted dose , PD = projected dose , Dauer = Durchzug der Wolke, h= Stunden, d = Tage , a = Jahr						

Tabelle 10: TÜV/BMU-Studie Eingreifrichtwerte für Jodblockade (Kinder)

Auch für die zu berücksichtigenden Expositionspfade für die maßnahmenabhängigen Dosisrichtwerte in den nationalen Regelungen gibt es z.T. Unterschiede , wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

TÜV/BMU-Studie : Bei Maßnahmen (Eingreifrichtwerten) zu betrachtende Expositionspfade						
Land	WSTR	INHW	KONTH	BODSTR	INHRES	ING
Belgien	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	--
Dänemark	AG, EV	--, --,(IB)	--, --	AG, EV	--, --	--
Deutschland	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Finnland	AG, EV	--, --, IB	AG, --	--, --	--, EV	BL
Frankreich	AG, EV	--, --, IB	--, --	AG, EV	--, EV	BL
Großbritannien	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Luxemburg	AG,(EV)	AG, EV, IB	--, --	AG,(EV)	--, --	BL
Niederlande	AG, EV	AG, EV, IB	--, EV	--, EV	--, --	BL
Österreich	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Polen	AG, --	--, --, IB	--, --	AG, EV	--, --	(BL)
Russland	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Schweden	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, EV	--
Schweiz	AG, EV	AG, EV, IB	(AG),EV	AG, EV	AG, EV,(IB)	BL
Slowakei	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Spanien	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Tschechien	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
Ungarn	AG, EV	AG, EV, IB	AG, EV	--, EV	--, EV, IB	BL
USA	AG, EV	AG, EV, IB	--, --	AG, EV	--, --	BL
WSTR=Wolkenstrahlung, INHW=Inhalation (aus der Wolke), KONTH=Kontamination der Haut, BODSTR=Bodenstrahlung, INHRES=Inhalation (Resuspension), ING=Ingestion **AG=Aufenthalt in Gebäuden, EV=Evakuierung, IB=Jodblockade, BL=Beschränkung Lebensmittelverzehr**						

Tabelle 11: TÜV/BMU-Studie Maßnahmen (Eingreifrichtwerte) und Expositionspfade

Die Daten in den Vergleichsstudien zeigen eine starke Inkonsistenz der jeweiligen nationalen Eingreifrichtwerte. Die nationalen Ansätze, bezogen auf die Dosisarten und -höhen sowie Expositionspfade und -zeiten, sind so verschieden, dass es nicht möglich ist, allein auf der Basis der nationalen Vorschriften zu einer europaweiten (oder gar weltweiten) Harmonisierung der Eingreifrichtwerte zu kommen. Zu dieser Erkenntnis sind auch die Mitglieder der Arbeitsgruppe EPAL gekommen, als sie versuchten, auf der Basis bestehender Regelungen die Eingreifwerte grenzüberschreitend zu harmonisieren. Sie haben in vielen Diskussionen und zahlreichen Sitzungen versucht, einen gemeinsamen Vorschlag für einen „Kompromiss für einheitliche Eingreifrichtwerte“ zu erarbeiten, der möglichst eine Chance hat, in einem späteren zwischenstaatlichen politischen Verhandlungsprozess angenommen zu werden. Um zu einem Ergebnis zu kommen, war unter den EPAL-Mitgliedern Konsens, dass bei der Kompromiss-Suche niemand „offiziell“ für sein Land sprechen kann sondern nur „unverbindlich“ seine persönliche Meinung als Experte im nuklearen und radiologischen Notfallschutz wiedergibt. Nach anfänglich kontroversen Forderungen und einem aufwendigen Prozess, bestehend aus inhaltlichen Auseinandersetzungen, aus der Suche nach Alternativen und aus Annäherungen und

Zugeständnissen der Beteiligten sind die „EPAL-Eingreifrichtwerte“[864] entstanden. Da sie unter den Teilnehmern von EPAL weitgehend akzeptiert und bisher die einzigen Werte sind, die von einem internationalen Gremium zur grenzüberschreitenden Harmonisierung des Notfallschutzes bei Kernkraftwerksunfällen vorgeschlagen wurden, kann man sie als das „Referenzniveau“ bezeichnen.

13.2 Beschreibungsmatrix und Referenzniveau von EPAL

Als Beschreibungsmatrix für die Maßnahmen „sheltering“ (Verbleiben in Gebäuden), „evacuation“ (sofortige Evakuierung), „iodine blocking“ (Jodblockade), „returning“ (Rückkehr), „relocation“ (spätere Evakuierung) und „resettlement“ (langfristige Umsiedlung) dient ein einheitlicher Satz von Parametern, der die Eingreifrichtwerte beschreibt. Zu diesem Satz gehören die Größen „reference level“, „integration time“, „exposure pathways“, „dose type“, deren Ausprägungen jeweils das Referenzniveau für die Maßnahme beschreibt.

Bisher haben sich in Europa nicht einmal Nachbarstaaten auf gemeinsame Eingreifwerte oder Dosisgrenzwerte für Maßnahmen in Notfallsituationen einigen können. Eine Ausnahme bilden die Kontaminationswerte für Lebens- und Futtermittel, auf die sich die Staaten der Europäischen Union nach dem Kernkraftunfall von Tschernobyl verständigt haben. Diese EU-Höchstwerte an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln „gelten für zum unmittelbaren Verzehr bestimmte Erzeugnisse und Zubereitungen“, d.h. entsprechende Höchstwerte an Radioaktivität entscheiden über die Frage, ob das Inverkehrbringen von Nahrungsmitteln, von „Nahrungsmitteln von geringer Bedeutung“ sowie von Futtermitteln im Falle eines nuklearen Unfalls oder einer anderen radiologischen Notstandssituation zulässig ist oder nicht. Die Werte wurden mehrfach angepasst[865], u.a. nach dem Kernkraftwerksunfall von Fukushima im Jahr 2011.

Wie erwähnt, gibt es mit Ausnahme des „Kompromisses für einheitliche Eingreifrichtwerte (action levels)“, auf die sich die Teilnehmer der internationalen Arbeitsgruppe EPAL nach umfangreichen Diskussionen in mehreren Sitzungen im Jahr 2008 geeinigt haben, keinen weiteren Vorschlag für einheitliche länderübergreifende Eingreifrichtwerte. Dabei ist zu bedenken, dass die „EPAL-Eingreifrichtwerte“ lediglich eine informelle Verständigung (ohne Bindungswirkung) zwischen Fachleuten aus zuständigen nationalen Behörden (competent authorities) ist, die letztlich weder von der HERCA (Heads of European Radiation Control Authorities) noch von einem anderen

864 Siehe Tabelle 12 bis Tabelle 17 in Kapitel 13.2
865 Vgl. Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003: 32

politisch bedeutsamen internationalen Gremium aufgegriffen oder gar anerkannt wurden. Andererseits stellen die „EPAL-Eingreifrichtwerte“ ein geeignetes Referenzniveau dar, da sie als dosisabhängige Größen festgelegt wurden, deren Parameter - bis auf eine Ausnahme - sogar von allen Teilnehmern der EPAL-Treffen als akzeptabel und geeignet zur europaweiten Harmonisierung angesehen wurden. Die Ausnahme bezieht sich vorrangig auf die Höhe der Werte für die Schilddrüsendosis zur Einleitung der Jodblockade. Diese war in EPAL am meisten umstritten; insbesondere die Vertreter der Niederlande („zu niedrig“) und Belgiens („zu hoch“) konnten sich nicht auf einen gemeinsamen Wert einigen. Die EPAL-Mitglieder sind bei der Erarbeitung der „EPAL-Eingreifrichtwerte“ pragmatisch vorgegangen. Ausgangspunkt waren die in ihren eigenen Ländern derzeit geltenden Eingreifrichtwerte, wobei die Bezeichnungen uneinheitlich und gelegentlich inkonsistent sind. Zum Beispiel werden die Termini action levels und constraints verwendet sowie Begriffe, die in der deutschen Übersetzung den Bezeichnungen Grenzwerte, Eingreifwerte, „Trigger“-Werte oder Startwerte entsprechen. Darüber hinaus wurde auch berücksichtigt, dass in einigen Ländern Überlegungen bestehen, die bisher geltenden nationalen Eingreifrichtwerte durch Anpassung an den Stand von Wissenschaft und Technik oder durch Angleichung an Werte in Nachbarstaaten zu aktualisieren. Ein weiterer Punkt bei den Harmonisierungsbemühungen in EPAL war die kritische Überprüfung von Grundannahmen, die in den Ländern zur Festlegung von Parameterwerten für die Eingreifrichtwerte geführt haben.

Ein Beispiel ist die Integrationszeit von zwei Tagen bei der Berechnung der Dosis für den Eingreifrichtswert für „sheltering“ in vielen Ländern, die auf der Überlegung beruht, dass ein Verbleiben im Haus der allgemeinen Bevölkerung über einen Zeitraum, der zwei Tage übersteigt, nicht zugemutet werden kann. Die langzeitige Freisetzung von radioaktiven Stoffen beim Kernkraftwerksunfall von Fukushima im März 2011 zeigt jedoch: Es sind auch längere Integrationsintervalle erforderlich, um die Dosis, die eine Referenzperson erhält, nicht zu unterschätzen. Ca. 1 Jahr nach Fertigstellung des Referenzniveaus durch die Arbeitsgruppe EPAL wird diese Erkenntnis in einer Studie[866] des Bundesamtes für Strahlenschutz am Beispiel eines fiktiven Unfallszenarios plausibel gemacht. Ein weiteres Beispiel betrifft nationale Besonderheiten, z.B. die Tatsache, dass Deutschland zu den Jodmangelgebieten gehört, „*wodurch mit steigendem Lebensalter häufiger Stoffwechselstörungen in der Schilddrüse auftreten*“ und eine „*solche sogenannte funktionale Autonomie*“ das „*Risiko der Nebenwirkungen einer Iodblockade*“ erhöht.[867] Als Folge davon gilt in Deutschland in dem „Merkblatt für die Bevölkerung“ die Empfehlung: „*Wegen der möglichen Nebenwirkungen sollten Jodtabletten nur von Personen unter*

866 Gering et al. 2012
867 Strahlenschutzkommission 2009a: 59

45 Jahren (mit Ausnahme von Schwangeren) und nach ausdrücklicher Aufforderung durch die zuständigen Behörden eingenommen werden".[868]

In den Diskussionen bei EPAL spielten neben Überlegungen zum Strahlenschutz bei der Konsensfindung auch gesellschaftliche und politische Aspekte eine Rolle sowie die persönliche Einschätzung der Teilnehmer, welche Werte von den zuständigen Behörden („competent authorities") der Staaten als am ehesten akzeptabel eingestuft werden können, wenn diese in allen Staaten der Europäischen Union gleichermaßen verbindlich gelten sollen. So dürfte eine Erhöhung bestehender Dosiswerte zum Zwecke der grenzüberschreitenden Harmonisierung gesellschaftlich so gut wie nicht vermittelbar sein, selbst wenn medizinische Gründe nicht dagegen stehen und mit keinen gesundheitlichen Folgen zu rechnen ist. Die Gründe für diese Einschätzungen sind vielfältig. Z.B. haben die Erfahrungen während des Unglücks von Fukushima gezeigt, dass, wie in Kapitel 4.3.3 dargestellt, das Medienecho und die zum Teil emotionalen Reaktionen in der Bevölkerung in Deutschland u.a. auf nicht ausreichende Sachkunde auf den Gebieten des Strahlenschutzes bzw. allgemein auf die subjektiven Risikoeinschätzungen zurückzuführen sind. So stellt Kepplinger mit Blick auf die Reaktionen an früheren Beispielen („Waldsterben, die Reaktorkatastrophe bei Tschernobyl, die geplante Versenkung der Brent Spar, BSE, SARS und die Vogelgrippe") und an aktuellen Beispielen („Dioxin in Tierfutter, die Reaktorkatastrophe bei Fukushima und EHEC") in Deutschland fest: „*In allen Fällen standen das Ausmaß der Ängste und Verhaltensänderungen in keinem sachlich angemessenen Verhältnis zum Geschehen, weil die realen Risiken im Vergleich zu anderen Risiken relativ gering waren. Allerdings entsprachen die Ängste und Verhaltensänderungen durchaus der Art der Berichterstattung*".[869]

Das Referenzniveau nach EPAL für die sechs Maßnahmen „Verbleiben in Gebäuden, (frühzeitige) Evakuierung, Jodblockade, Rückkehr, späte Evakuierung und Umsiedlung" ist in einer einheitlichen Struktur („Beschreibungsmatrix") durch Angabe der wesentlichen Parameter festgelegt. Als Parameter zur Beschreibung der „action levels" dienen die Höhe und Art der Dosis („reference level"), die Zeitspanne, über die die Dosisleistung zur Dosis aufintegriert wird („integration time") sowie die zu berücksichtigenden Expositionspfade („exposure pathways").

Falls im EPAL-Referenzniveau die jeweilige Maßnahme mit der "Warnung vor dem Verzehr frisch geernteter Nahrungsmittel zur Unterbrechung des Ingestionspfads" (Verzehrswarnung) und dem Vermarktungsverbot kontaminierter Lebens- und Futtermittel verbunden ist, wird in der

868 Strahlenschutzkommission 2009a: 59. Grundlagen für die „*Festlegung einer oberen Altersgrenze bei der Iodblockade der Schilddrüse*" findet man in Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission (Strahlenschutzkommission 1997: 9, 1998).

869 Kepplinger 2011: 1

Beschreibungsmatrix jeweils der Hinweis „Food and feed will be banned“ (Vermarktungsverbot) gegeben. In Deutschland soll die Verzehrwarnung nach dem geltenden Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen „*bereits während der Vorfreisetzungs- und Freisetzungsphase erfolgen*“[870]. Diese Regelung verinfacht die bei der Dosisabschätzung zu berücksichtigen Expositionspfade, denn „*Ingestion spielt praktisch keine Rolle, da dieser Pfad durch ein vorbeugendes Vermarktungsverbot frischer Produkte kurzfristig unterbunden werden kann*“. [871] Ein Vermarktungsverbot ist in Deutschland eine Maßnahme der Strahlenschutzvorsorge: „*Einzelregelungen über Vermarktungsverbote und den Verbleib kontaminierter Nahrungs- und Futtermittel werden im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge getroffen*“.[872]

Das *Referenzniveau nach EPAL* ist nachstehend aufgeführt:

1) Measure: sheltering*		(* Food and feed will be banned)	
	Reference level	10 mSv	Projected dose
	Integration time	2 days	
	Exposure pathways	External dose	(cloud, ground shine)
		inhalation	

Tabelle 12: EPAL Maßnahme Verbleiben in Gebäuden (sheltering)

2) Measure: evacuation*		(* Food and feed will be banned)	
	Reference level	100 mSv	Projected dose
	Integration time	2 days	
	Exposure pathways	External dose	(cloud, ground shine)
		inhalation	

Tabelle 13: EPAL Maßnahme Evakuierung

3) Measure: thyroid blocking*		(* Food and feed will be banned)	
	Reference level	50 mSv	for children < 18 years Projected thyroid dose
		500 mSv	for adults Projected thyroid dose
	Integration time	2 days	
	Exposure pathways	External dose inhalation	Inhalation from the passing cloud

Tabelle 14: EPAL Maßnahme Jodblockade

870 Strahlenschutzkommission 2004: 64
871 Wirth 2005: 121
872 Strahlenschutzkommission 2009c: 83

4) Measure: returning (after evacuation) *		(* Food and feed will be banned)	
Short term exposure	Reference level	10 mSv	Effective dose
	Integration time	30 days	
	Exposure pathways	External dose	
and			
Long-term exposure	Reference level	500 mSv	Effective dose
	Integration time	Life time (70 years)	
	Exposure pathways	External dose	

Tabelle 15: EPAL Maßnahme Rückkehr

5) Measure: relocation			
	Reference level	30 mSv	Projected dose
	Integration time	30 days	
	Exposure pathways	External dose	

Tabelle 16: EPAL Maßnahme Spätere Evakuierung (relocation)

6) Measure: resettlement			
	Reference level	500 mSv	Projected dose
	Integration time	Life time (70 years)	from moment of decision
	Exposure pathways	External dose	

Tabelle 17: EPAL Maßnahme Langfristige Umsiedlung (resettlement)

Die EPAL-Eingreifrichtwerte beziehen sich, ähnlich wie die deutschen Eingreifrichtwerte, auf verschiedene Zeiträume nach einem Kernkraftwerksunfall, wie sich u.a. aus den Integrationszeiten (mit den Zeitperioden 2 Tage, 1 Monat, 1 Jahr und 70 Jahre) ergibt. Entsprechend errechnen sich aus den Dosisleistungen die effektiven Dosen bzw. Schilddrüsendosen für die vorgegeben Zeitperioden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Eingreifrichtwerte zum Schutz der Bevölkerung bei der Bewältigung der Folgen eines Kernkraftwerksunfalls international daraufhin zu prüfen sind[873], ob sie untereinander im Einklang stehen: Es soll vermieden werden, dass Frühmaßnahmen (sheltering, evacuation) und Spätmaßnahmen (relocation, resettlement, returning) voneinander unabhängig oder inkonsistent sind. Dies wäre der Fall, wenn z.B. in der Spätphase eines Unfalls die Umsiedlung („relocation“) erforderlich wird, während aber in der Frühphase die sofortige Evakuierung („evacuation“) nicht angeordnet und damit auf einen wichtigen Schutz der Bevölkerung verzichtet wurde. Die Maßnahmen sind in unterschiedlichem Maße miteinander gekoppelt, wobei ein engerer Zusammenhang zwischen Maßnahmen „Evakuierung“ und

873 vgl. Wirth et al. 2011

„Aufenthalt in Gebäuden“ besteht. Insoweit sind Überlegungen anzustellen, ob diese beiden Maßnahmen im Ereignisfall miteinander konsistent sind. Dies scheint, wie es zumindest die exemplarischen Berechnungen und betrachteten Unfallszenarien in der Literatur[874] nahelegen, bei den EPAL-Eingreifrichtwerten der Fall zu sein. Insbesondere wird gezeigt, dass die Wetterbedingungen (speziell „trockene Ablagerung“ und „nasse Ablagerung“ von Radionukliden) entscheidend für die Aufteilung der Dosis auf die Zeitperioden und damit auch für ein angemessenes Verhältnis der Höhen der Eingreifrichtwerte sind.[875]

13.3 Das EPAL-Referenzniveau im Vergleich zu nationalen Eingreifrichtwerten

Die Ermittlung eines geeigneten Referenzniveaus ist schwierig, weil ein unmittelbarer Vergleich der nationalen Eingreifrichtwerte im Allgemeinen nicht möglich ist. Das liegt u.a. daran, dass in vielen untersuchten Staaten die Grundlagen fehlen: es liegen keine nachvollziehbaren radiologischen Konzepte in dem jeweiligen nationalen Regelwerk vor und es fehlen sowohl klare Begriffsbestimmungen als auch eindeutige Definitionen für die zu den Eingreifrichtwerten gehörenden Parameter. In Deutschland geben die „Radiologischen Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“[876] in dieser Hinsicht einige Informationen. Eine vergleichbare veröffentlichte Unterlage aus dem Ausland liegt nicht vor, vermutlich existiert weltweit kein schlüssiges radiologisches Konzept, das als Begründung[877] für die Wahl der Eingreifrichtwerte dient.

Ein derartiges Dokument wäre wünschenswert und wichtig: es sollte Auskunft über die Abwägung aller relevanten Gesichtspunkte geben. Diese umfassen strahlenbiologische Erkenntnisse, Dosis-Wirkungs- und Dosis-Risiko-Beziehungen sowie sozio-psychologische Aspekte und weitere ereignisspezifische Einflussfaktoren. Darüber hinaus sollten darin die Gründe dargelegt werden, die der Festlegung der Eingreifrichtwerte in den nationalen Vorschriften zu Grunde gelegen haben.

Derzeit treffen die zentralen Aussagen unverändert zu, die in einer Vergleichsstudie[878] als Résumé schon im Jahr 2003 festgestellt wurden. Demnach sind die „*Grundlagen für Entscheidungen über die Einleitung von Vorsorge- und Schutzmaßnahmen sind nicht einheitlich*“ und es erscheint „*angesichts der ermittelten Unterschiede […] nicht möglich, konkrete Einzelempfehlungen im*

874 Wirth et al. 2011
875 Wirth et al. 2011
876 Strahlenschutzkommission 2009a
877 „Begründung“ hier im Sinne des engl. Begriffs „*rationale*“ (d.h. rationale Erklärung, logische Grundlage, Philosophie)
878 BMU 2003: iii

Sinne einer Prioritätensetzung zur Harmonisierung national festgelegter Richtwerte [...] oder Parameter anzugeben. Eine Harmonisierung auf dieser Ebene ist eine Langzeitaufgabe".

Die in Deutschland derzeit geltenden Eingreifrichtwerte sind in der nachstehenden Tabelle aufgeführt:[879]

Deutsche Eingreifrichtwerte für Notfallschutz-Maßnahmen (RadGrundL 2008:30)			
Maßnahme	**Organdosis (Schilddrüse)**	**effektive Dosis**	**Integrationszeiten und Expositionspfade**
Aufenthalt in Gebäuden		**10 mSv**	äußere Exposition in **7 Tagen** und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
Einnahme von Iodtabletten	**50 mSv :** Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren sowie Schwangere, **250 mSv :** Personen von 18 bis 45Jahren		Organ-Folgedosis durch im Zeitraum von **7 Tagen** inhaliertes Radioiod
Evakuierung		**100 mSv**	äußere Exposition in **7 Tagen** und effektive Folgedosis durch in diesem Zeitraum inhalierte Radionuklide
temporäre Umsiedlung		**30 mSv**	äußere Exposition in **1 Monat**
langfristige Umsiedlung		**100 mSv**	äußere Exposition in **1 Jahr** durch abgelagerte Radionuklide

Tabelle 18: Deutsche Eingreifrichtwerte für Notfallschutz-Maßnahmen

Ein Vergleich des EPAL-Referenzniveaus mit den deutschen Eingreifrichtwerten zeigt eine gute Übereinstimmung: die größte Abweichung besteht in einer Integrationszeit von 7 Tagen in Deutschland zur Ermittlung des Eingreifrichtwertes für den Aufenthalt in Gebäuden und die (sofortige) Evakuierung gegenüber den im EPAL-Referenzniveau festgelegten Werten von jeweils 2 Tagen.[880] Folglich werden die entsprechenden Eingreifrichtwerte bei Verwendung der Eingreifrichtwerte in Deutschland eher überschritten und damit die Maßnahmen „sheltering" und „evacuation" früher eingeführt als dies nach den EPAL-Werten der Fall ist. Die Überlegung in EPAL, dass eine einheitliche Expositionszeit von 2 Tagen für „sheltering" und „evacuation" eine bessere Vergleichbarkeit ermöglicht, trifft zwar zu, ist aber auf Grund neuerer Erfahrungen, die sich aus dem lang andauernden Unfallablauf beim Kernkraftwerksunfall von Fukushima und den daraus resultierenden radiologischen Folgen ergeben[881], überarbeitungsbedürftig. So sind bei dem

879 nach Strahlenschutzkommission 2009a: 30
880 Wirth/Kuhlen 2010: 246
881 vgl. Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a

„Fukushima-Unfalltyp“ in Bezug auf die Freisetzung „*zwei Unfallphasen zu unterscheiden*“.„*In der ersten Phase bis etwa Ende März sind mehrere einzelne Maxima erkennbar, die aus Freisetzungen in Verbindung mit Explosionen, Druckentlastungen und anderen Prozessen stammen“ und „die darauffolgende Phase ist gekennzeichnet durch eine allmähliche Abnahme“ der Ortsdosisleistung*.[882]

Weitere Abweichungen zwischen den EPAL-Referenzwerten und den entsprechenden nationalen Regelungen liegen vor. Besonders auffällig ist dies bei den Eingreifrichtwerten für Jodblockade und als Beispiel für besonders große Abweichungen bei den nationalen Eingreifrichtwerten für Jodblockade fündet man bei den Dosiswerten in den Niederlanden und in Belgien, die im Jahr 2003 galten[883] So wurde in den Niederlanden die Einnahme von Jodtabletten „*als ein mittelschwerer Eingriff betrachtet*“, dessen Eingreifrichtwert für die Schilddrüsendosis bei 1.000 mSv für Erwachsene und 500 mSv für Kinder liegt.[884] Dagegen liegt der Eingreifrichtwert von 2003 für die Schilddrüsendosis in Belgien als „averted dose“ (d.h. „vermeidbare Dosis des Kleinkindes bei Inhalation aus der Wolke“) bei 50 mSv.[885] Zwischenzeitlich hat in den Niederlanden entsprechend eine Überarbeitung der in der TÜV/BMU-Studie wiedergegeben Eingreifrichtwerte stattgefunden.[886]

Vergleicht man die Zahlen (Ausprägungen) für die EPAL-Referenzwerte mit den nachstehenden ICRP-Werten bzw. -Intervallen, so liegen die Höhen der Dosiswerte des EPAL-Referenzniveaus in den jeweiligen Bandbreiten der älteren ICRP-Empfehlungen, während die neue ICPR-Empfehlung von 2007 keine auf die einzelnen Maßnahmen bezogenen Angaben macht, sondern nur einen auf das Jahr bezogenen Referenzwert (an Stelle eines Eingreifrichtwertes) angibt. „*In Notfall- oder bestehenden kontrollierbaren Expositionssituationen stellen die Referenzwerte die Dosis- oder Risikowerte dar, oberhalb derer es als unangemessen gilt, das Auftreten von Expositionen zu planen oder zu gestatten […] und für die daher Schutzmaßnahmen geplant und optimiert werden sollen“ und die „Bemühungen sollen jedoch darauf abzielen, alle Expositionen oberhalb des Referenzwertes nach Möglichkeit auf einen Wert darunter zu reduzieren*“. [887]

882 Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a: 32
883 entsprechend den Angaben in der TÜV/BMU-Studie (BMU 2003)
884 BMU 2003: III.120–121
885 BMU 2003: III.13–14
886 RISKAUDIT 2010: 33
887 ICRP/BfS 2007: 90

<table>
<tr><th colspan="4">ICRP-Strahlenschutzkriterien bezogen auf die Bevölkerungsexposition
in Notfall-Expositionssituationen (nach ICRP 103(ICRP/BfS 2007: 110)</th></tr>
<tr><td colspan="2">ICRP-Empfehlungen von 1990 und
nachfolgende Veröffentlichungen (nach ICRP Nr 93 (1992))</td><td colspan="2">ICRP-Empfehlungen von 2007
(nach ICRP Nr. 103 (2007))</td></tr>
<tr><td>Maßnahmen</td><td>Interventionsschwellen (AV)</td><td colspan="2">Referenzwert</td></tr>
<tr><td>Nahrungsmittel</td><td>10 mSv im Jahr (ED)</td><td rowspan="5">alle Maßnahmen zusammen in einer Gesamt-Schutzstrategie</td><td rowspan="5">100 mSv (ED) pro Jahr entsprechend der vorherrschenden Situation</td></tr>
<tr><td>Ausgabe von stabilem Jod</td><td>50–500 mSv (SD)</td></tr>
<tr><td>Aufenthalt in Gebäuden</td><td>5–50 mSv (ED) in 2 Tagen</td></tr>
<tr><td>temporäre Evakuierung</td><td>50–500 mSv (ED) in 1 Woche</td></tr>
<tr><td>dauerhafte Umsiedlung</td><td>100 mSv (ED) im 1. Jahr bzw. 1000 mSv (ED)</td></tr>
<tr><td colspan="4">ED = Effektivdosis, SD = Schilddrüsendosis, AV = averted dose</td></tr>
</table>

Tabelle 19: ICRP-Strahlenschutzkriterien in Notfall-Expositionssituationen

Ein gewisser Paradigmenwechsel ist, wie erwähnt, durch die Einführung der neuen ICRP-Empfehlungen gegeben: während die Eingreifrichtwerte in Deutschland und in vielen anderen Staaten „Startwerte“ zu Beginn des Unfalls sind, die – als Effektivdosis festgelegt – eine „projected dose“ (projizierte Dosis) darstellen, bei der eine Referenzperson ohne Schutzmaßnahmen exponiert ist, ist der neue ICRP-Referenzwert eine Effektivdosis, die unter „Berücksichtigung aller Maßnahmen in der Gesamt-Schutzstrategie“ eine „residual dose“ (verbleibende Dosis) darstellt. In ICRP-103 werden keine Angaben zu Eingreifrichtwerten gemacht. Ein Wegfall der „Startwerte“ ist jedoch problematisch und er wäre aus folgendem Grund unangemessen: In der Frühphase eines Notfalls sind sofortige Entscheidungen unter Unsicherheit und Ungewissheit sowie, je nach Situation, dringend Schutzmaßnahmen erforderlich. Eine „projected dose“ als überschlagsmäßige, unter vereinfachten (eher konservativen) Annahme zu bestimmende Dosis ist erheblich leichter festzulegen als die „residual dose“, bei der die durch Maßnahmen vermeidbare Dosis (averted dose) mit einbezogen werden muss. Letztere setzt „*eine umfassende Prognose über den weiteren Ereignisverlauf und die längerfristigen Auswirkungen*“ voraus und ist sinnvoll, wenn „*es um längerfristige Entscheidungen geht, die kein rasches Handeln erforderlich machen*“.[888]

Die EPAL-Referenzwerte beziehen sich auf „projected doses“. Insbesondere sind, neben der Integrationszeit von einem Jahr, der Zahlenwert 100 mSv als EPAL-Referenzwert für „*langfristige Umsiedlung*“, ermittelt durch „*äußere Exposition in 1 Jahr durch abgelagerte Radionuklide*“ nur

888 Strahlenschutzkommission 2004a: 2

formal identisch mit dem neuen ICRP-Referenzwert. Die Unterschiede bestehen darin, dass der ICRP-Referenzwert ein Zielwert ist, der in Notfallsituation nicht überschritten werden darf und der sich unter Berücksichtigung aller Expositionspfade und aller Dosisreduzierungen als Folge der eingeleiteten Schutzmaßnahmen für die repräsentative Person der Bevölkerung errechnet. Dagegen ist der EPAL-Referenzwert der Auslöser („Trigger"-Wert) für die Einleitung einer speziellen Schutzmaßnahme für die Bevölkerung, der mit der „äußeren Exposition in 1 Jahr" nur einen Teil der Expositionspfade umfasst, die bei dem ICRP-Referenzwert Berücksichtigung finden sollen.

14. C: Beurteilung der Referenzniveaus: Fragebogen und Auswertung

In diesem Kapitel wird der Fragebogen[889] ausgewertet, wobei zur Einleitung ein Überblick über die benutzten quantitativen Auswertungsmethoden gegeben wird. Diese Methoden sind vorrangig mathematisch-statistischer Art. Bei der Auswertung kommen sowohl Verfahren der beschreibenden Statistik als auch Testverfahren der verteilungsfreien Statistik zum Einsatz.

14.1 Vorbemerkungen zu den empirischen (mathematisch-statistischen) Methoden bei der Auswertung des Fragebogens

Um einen Kreis von Beteiligten (Stakeholder) zu Themen des Notfallschutzes zu befragen, wurde ein standardisiertes schriftliches Interview mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt. Es wurden Vorkehrungen getroffen, damit die Hauptkriterien der Testgütekriterien bei der Fragebogenuntersuchung erfüllt sind: Objektivität (Anwenderunabhängigkeit)[890], Reliabilität (Zuverlässigkeit)[891] und Validität (Messgegenstand)[892], wobei die Validität eines Tests angibt, „*wie gut der Test in der Lage ist, genau das zu messen, was er zu messen vorgibt*“.[893] So wurden die Befragungsform, die Frageformulierung und der Fragebogenaufbau in einer Weise gewählt, die es ermöglicht, die Antworten so aufzubereiten, dass sie quantitativen Auswertungsverfahren zugänglich sind. Z.B. wurden für die Auswertung Ordinalzahlen verwendet, die den Grad der Zustimmung zu bestimmten Aussagen im Fragebogen kennzeichnen. Die Fehlerquellen bei der schriftlichen Befragung sind sicher nicht gänzlich auszuschließen, wurden aber dadurch verringert, dass die Fragetypen soweit möglich geschlossene Fragen („welche der folgenden Antworten trifft ihrer Auffassung nach zu“) und die Antwortformate meist mehrfache Abstufungen enthalten. Die Abstufungen erfolgten z.B. dadurch, dass nach dem Grad der Zustimmung oder Ausprägung gefragt wurde. Bei den Untersuchungsfragen im Fragebogen wurde ein den Untersuchungsteilnehmern unbekannter Text zu Grund gelegt, in die keine individuellen Deutungen oder Interpretationen durch den Verfasser als Untersuchungsleiter eingeflossen sind.

Kennzeichnend für die aus den Fragebogen ermittelten Daten ist, dass nur ein geringes Wissen über die Zusammenhänge vorliegt. Daher wurden zu einem großen Teil Methoden der

889 Kapitel 16
890 Bortz/Döring 2006: 195–196
891 Bortz/Döring 2006: 196–200
892 Bortz/Döring 2006: 200–202
893 Bortz/Döring 2006: 200

beschreibenden Statistik[894] angewendet, um die Daten durch Tabellen, einfache Maßzahlen und grafische Darstellungen übersichtlich darzustellen und zu ordnen. Beispielsweise gehören zu diesen Anwendungen der beschreibenden Statistik in den Kapiteln 14.3 bis 14.5:

1) sieben Tabellen[895] und zwei Abbildungen[896], um das Datenmaterial leichter zu überblicken,
2) mehrere Abbildungen, darunter drei[897] für einfache Darstellungen (z.B. Stabdiagramm, Tortendiagramm) sowie zwei[898] für komplexere grafische Darstellungen (z.B. Lorenzkurve[899]),
3) die verschiedenen Maßzahlen von Häufigkeitsverteilungen (Mittelwerte, Mediane, Quantile, Standardabweichungen und andere Streuungsmaße wie mittlere absolute Abweichungen und Spannweiten)[900], darunter z.B. die gewichteten Punktsummen in Tabelle 35, und
4) die weiteren Kenngrößen, z.B. der Gini-Index[901] als Konzentrationsmaß[902] und die Koeffizienten, die die Stärke des Zusammenhangs und den Grad der Beziehung zwischen zwei Merkmalen kennzeichnen[903], d.h. die Rangkorrelationskoeffizienten von Kendall und von Spearman sowie der Korrelationskoeffizient von Bravais-Pearson als Übereinstimmungsmaße[904].

Methoden der induktiven Statistik[905] wurden angewendet, wenn den empirischen Daten aus dem Fragebogen eine bestimmte Verteilung unterstellt werden konnte. So wurden bei der Ermittlung des Kreises der Untersuchungsteilnehmer Konfidenzintervalle zur Präzision[906] der Anteile folgender Personengruppen geschätzt: Entscheidungsträger (Fußnote 927), Teilnehmer mit juristischer Ausbildung (Fußnote 931), Naturwissenschaftler (Fußnote 933) und Mitglieder bestimmter Gremien (Tabelle 25). Der Vorteil der Intervallschätzung mit Hilfe von Konfidenzintervallen gegenüber Punktschätzungen (z.B. von den erwähnten Anteilen von Personengruppen) ist die zusätzliche Information über die Signifikanz der Schätzung.

894 synonym: deskriptive Statistik
895 Tabelle 201, Tabelle 21, Tabelle 22, Tabelle 27, Tabelle 28, Tabelle 33 und Tabelle 34
896 Abbildung 5 und Abbildung 11
897 Abbildung 2, Abbildung 31 und Abbildung 13
898 Abbildung 8 und Abbildung 12
899 Sachs/Hedderich 2006: 83
900 Schulze 1994: 32–59
901 Sachs/Hedderich 2006: 84
902 Abbildung 12
903 Diese Koeffizienten der „Korrelationsanalyse bei zweidimensionalen Häufigkeitsverteilungen“ hängen von der Skalierung (nominal, ordinal, metrisch) der Merkmale ab und werden entsprechend Schulze 1994: 107–135 angewendet.
904 Z.B. im Zusammenhang mit Abbildung 10
905 synonym: schließende Statistik
906 Die Breiten der Konfidenzintervalle charakterisieren die Genauigkeiten der geschätzten Werte (im vorliegenden Fall der Anteile bestimmter Personengruppen).

Konfidenzintervalle wurde auch ermittelt, um den Einfluss des Fragentyps auf die Inhalte der Beantwortung durch die Untersuchungsteilnehmer zu prüfen (Abbildung 6). In einigen Fällen ist die Verteilung der Daten in naheliegender Weise gegeben, z.B. bei den Antworten zu den ja/nein - Fragen, die im Fragebogen als „Q-type 3“ bezeichnet wurden, so dass die Voraussetzungen für Anwendungen bestimmter statistischer Tests vorliegen wie dies z.B. beim Binomialtest (Fußnote 948) der Fall ist.

Weitere statistische Tests, die angewendet wurden, um Hypothesen zu überprüfen, sind der Wilcoxon-Rangsummentest (Tabelle 24, Fußnote 939), der Welch-Test (Tabelle 25, Fußnote 940), der Shapiro-Wilk-Test (Tabelle 29), der H-Test von Kruskal und Wallis (Fußnoten 987 und 1011) sowie die Ausreißer-Tests von Hampel (Fußnote 976) und von Grupp (Fußnote 977). Mit den genannten Test wurde geprüft, ob

1) die Gruppenzugehörigkeit der Teilnehmer zu bestimmten internationalen Gremien eine Rolle bei der Beantwortung der Untersuchungsfragen (Tabelle 24 und Tabelle 25) spielt,
2) es bei den Themenfeldern des Notfallschutzes (Tabelle 37) signifikante Unterschiede in der Beantwortung durch die Untersuchungsteilnehmer gibt (Abbildung 17, Fußnote 987 und Tabelle 39)
3) Annahmen über die Normalverteilungen bestimmter statistischer Kenngrößen gerechtfertigt sind (Tabelle 29)
4) es Untersuchungsteilnehmer mit signifikant abweichendem Antwortverhalten (Ausreißer) gibt, d.h. im vorliegenden Fall die Beantwortung der Frage, ob es einen Personenkreis gibt, der deutlich weniger den Aussagen zustimmt, die Inhalt des von der internationalen Arbeitsgruppe EPAL vorgelegten Dokuments sind, das als Grundlage für eine internationale Harmonisierung von Eingreifrichtwerten und Schutzmaßnahmen der Bevölkerung im Falle eines Kernkraftunfalls erarbeitet wurde.

Da der Shapiro-Wilk-Test die Normalverteilungsannahme zweier Testgrößen (hpn und hpn.64) auf dem 5%-Niveau ablehnt (Tabelle 29), wurde zur Ermittlung des engen („linearen“) Zusammenhangs der beiden Testgrößen neben einer linearen Regression noch zusätzlich ein sogenannter Streudiagrammglätter (Fußnote 962) verwendet, der robust gegen Ausreißer ist.

Die Testgröße hpn gibt für jede „Q-Frage“ im Fragebogen die Differenz von Zustimmungen und Ablehnungen wieder. Sie berücksichtigt damit noch nicht die Tatsache, dass nicht alle Fragen von allen Untersuchungsteilnehmern beantwortet wurden. Daher muss geschätzt werden, wie die Fragen von den Untersuchungsteilnehmern, die nicht geantwortet haben, beantwortet werden.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass es lediglich 55 Rückläufe der Fragebogen gab, obwohl ein größtmöglicher Kreis von Experten um Beantwortung des Fragebogens gebeten wurde. Um dieses „reale Problem“, dass die Grundgesamtheit aller Betroffenen nicht vollständig geantwortet hat, zu lösen, werden drei Schritte nach folgendem Schema durchgeführt

1) Es wird gedanklich mittels eines mathematischen Modells ein „mathematisches Problem“ entwickelt
2) Es wird die „mathematische Lösung“ des „mathematischen Problems“ gefunden
3) Durch Interpretation der „mathematischen Lösung“ wird die „reale Lösung“ als Lösung des „realen Problems“ gefunden.

Im vorliegenden Fall führt die Lösung zu dem Parameter hpn.64, der als Kenngröße für die Akzeptanz aller Untersuchungsteilnehmer bei einer Vollerhebung mit vollständigen Rückläufen interpretiert und als Maß für den Zustimmungsgrad aller Stakeholder zu den „Q-Fragen“ gedeutet werden kann: Es wird (gedanklich) angenommen, dass die Zahl n der Untersuchungsteilnehmer beliebig groß wird und sich alle Untersuchungsteilnehmer so entscheiden, dass sich insgesamt das Verhältnis zwischen Zustimmungen und Ablehnungen nicht verändert. Eine dann genügend große Stichprobe wird hinsichtlich der Zustimmungen (bzw. der Ablehnungen) um einen Erwartungswert schwanken, der sich aus dem Stichprobenumfang und dem Verhältnis von Zustimmungen und Ablehnungen in naheliegender Weise ergibt.[907] Die Streuung um diesen Erwartungswert hängt jedoch von der „Q-Frage“ und dem zugehörigen Antwortverhalten der „realen“ 55 Untersuchungsteilnehmer ab: je größer der Anzahl der Nichtangaben hn unter den Rückläufen ist, desto stärker schwankt die Anzahl der Zustimmungen in der großen Stichprobe. Um diese Variabilität zu modellieren, wird angenommen, dass die Nichtangaben in der großen Stichprobe (d.h. bei großen n) normalverteilt sind. Diese Annahme ist nach dem zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung berechtigt: „*Wahrscheinlichkeiten von Ereignissen, die mit Hilfe der Summe von unabhängigen, identisch verteilten Zufallsvariablen [...] gebildet werden, lassen sich für großes n mittels der Normalverteilung hinreichend genau berechnen*“.[908] Um die passende Gauß-Verteilung (Dichtefunktion der Normalverteilung) zu erhalten, wird in dem mathematischen Modell von der Idee der „Orientierungshilfe für die Schätzung von Populationsstreuungen“ (Fußnote952) Gebrauch gemacht und hinsichtlich der Zustimmung eine konservative Schätzung angenommen, wie dies in Abbildung 7 am Beispiel der Frage Q33 veranschaulicht ist. Dies führt zu dem Parameter hpn64, der sich in einfacher Weise

907 Zum Beispiel bei einer Stichprobe von 2000 Untersuchungsteilnehmer und einem Verhältnis von 4/1 von Zustimmungen zu/ Ablehnungen ergibt sich ein Erwartungswert von 1600 Zustimmungen und 400 Ablehnungen.
908 Bamberg/Baur 2001: 130

aus der Differenz (hpn) von Zustimmungen (hpos) und Ablehnungen (hneg) einerseits und Nichtangaben (hna) ergibt:hpn.64:= hpn – 0.64 • hna = hpos – hneg • 0.64.Der Parameter hpn.64 ist somit ein Maßstab für den Grad der Zustimmung und kann als Akzeptanz der Aussagen in den „Q-Fragen“ gedeutet und damit als die Lösung des „realen Problems“ interpretiert werden.

Die beiden Parameter hpn und hpn.64 stehen als Indikatoren für die Höhe der Zustimmung zu den im Fragebogen wiedergegebenen Aussagen in enger Beziehung zueinander, wie sich aus Abbildung 10 und Abbildung 8 ergibt. In der Abbildung 8 wurden die „Q- Fragen“ gerade so umsortiert, dass der Parameter hpn.64 monoton steigt. An dem Schwankungen von hpn in der Abbildung 8 kann man erkennen, dass bei hpn jedoch keine Monotonie vorliegt, obwohl die Trends von hpn und hpn.64 in dieser Abbildung übereinstimmen. Beide Abbildungen (Abbildung 8 und Abbildung 10) zeigen, dass die Übereinstimmung von hpn und hpn.64 umso besser wird je höher der Zustimmungsanteil ist.

Um zu prüfen, welche der in Tabelle 37 angegebenen Themenfelder eine höhere Akzeptanz finden, wurde eine Klasseneinteilung in Intervalle (nach Tabelle 36) vorgenommen. Da verschiedene Fragen zu den einzelnen Themenfelder gehören, schwanken die Zustimmungen (Abbildung 17), die als nicht-normalverteilte Zufallsvariable interpretiert werden können. Mit Methoden der verteilungsfreien Statistik (Tabelle 39) können unterschiedliche Zustimmungsgrade für die Themenfelder als statistisch signifikant nachgewiesen werden: Z.B. ist das Themenfeld „Aim and scope“ bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% stärker akzeptiert als die Themenfelder „Reference Level“ und „Thyroid blocking“. Dieses Ergebnis entspricht auch den Erfahrungen des Verfassers, nach denen die Höhe der Eingreifrichtwerte für die Einleitung von Schutzmaßnahmen und die Schutzmaßnahme Jodblockade in Fachkreisen am ehesten umstritten sind.

Die Frage der Prioritäten von Themen des Notfallschutzes (Kapitel 14.5.1) wird methodisch mit Hilfe klassischer Wahlsysteme beantwortet. Dabei werden die Systeme von Borda und Condorcet (Fußnote 994) verwendet. Da die Wahl einerseits durch gewichtete Summen (Tabelle 43 und Tabelle 46) und andererseits durch paarweise Vergleiche (Tabelle 47) ermittelt wird, kommt es zu leicht unterschiedlichen Präferenzen bei der Frage Q103 (Tabelle 48).

Bei den Rangfolgen von Bereichen des Notfallschutzes (Kapitel 14.5.2) kann eine Rangfolge der Alternativen ermittelt werden (Tabelle 49). Wie auch an den zugehörigen Boxplots (Abbildung 20) erkennbar ist und mit Hilfe des Kruskal-Wallis Rangsummentest berechnet werden kann (Fußnote 1011), sind die Unterschiede in den Rangsummen wegen der großen Streuung der Antworten der Untersuchungsteilnehmer statistisch nicht signifikant.

Um bei Frage Q102 aus den angegebenen 6 Alternativen (Tabelle 41), die sich aus den Kombinationen der Ausprägungen der 3 Unfallphasen und den 2 Vorgehensweisen ergeben, die Präferenzen der Untersuchungsteilnehmer quantitativ zu ermitteln, wurde die in Bortz Döring angegebenen Methode des „Conjoint Measurement“ (Fußnote 990) verwendet. Im Ergebnis (Tabelle 42) ist die Kombination am wichtigsten, die sich auf die „Notfallschutzphasen“ und die „internationale Lösung“ bezieht, während das „Notfallmanagement in der Frühphase“ ca. sechsmal so wichtig gehalten wird wie eine „nationale autonome Lösung“. Dieses Ergebnis dürfte sich so interpretieren lassen, dass nach Auffassung der Untersuchungsteilnehmer eine internationale Harmonisierung entsprechend den Unfallphasen angestrebt werden soll, wobei die Harmonisierung der dringenden Maßnahmen des Katastrophenschutzes (Evakuierung, Jodblockade und Verbleiben in Gebäuden) Vorrang hat.

14.2 Die Struktur des Fragebogens und der Kreis der Untersuchungsteilnehmer

Um zu ermitteln, ob das EPAL-Referenzniveau von Stakeholdern akzeptiert wird, wurden die Eingreifrichtwerte für die Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung einem internationalen Teilnehmerkreis[909] ohne Hinweis auf EPAL in einem umfassenden strukturierten Fragebogen zur Bewertung vorgelegt. Dieser in englischer Sprache verfasste Fragebogen unter dem Titel „Questionnaire regarding International Harmonization of Emergency Management“ besteht aus zwei Teilen.[910] Der erste Teil bezieht sich auf personenbezogene Merkmale des befragten Untersuchungsteilnehmers, der zweite Teil betrifft Fragen zu dem eigentlichen Inhalt des Notfallmanagements. Die Fragen sind entsprechend dieser Struktur nummeriert: die 24 personenbezogenen Fragen („P-Fragen“) des Fragebogens wurden mit P1 bis P24 bezeichnet, die 104 Fragen zum Notfallschutz („Q-Fragen“) mit Q001 bis Q104. Die P-Fragen dienen zur Analyse der Gruppe der Untersuchungsteilnehmer, die den Fragebogen beantwortet haben. Die Q-Fragen im Fragebogen umfassen ein weiteres Spektrum von Themen des Notfallschutzes, sind nach inhaltlicher Zugehörigkeit geordnet und in folgende vier Klassen eingeteilt:

1) “Part I: general aspects of emergency management“ (Q001-Q045)
2) “Part II: Levels for early measures” (Q046-Q069)
3) “Part III: Levels for later measures” (Q070-Q097)
4) “Practical guidance and strategic aspects” (Q098-Q104)

909 Auf den Kreis der angeschriebenen Personen wird an späterer Stelle in diesem Kapitel eingegangen, wobei man hinsichtlich des Umfangs der angeschrieben Personen von einer *Vollerhebung* ausgehen kann, da sämtliche international agierenden Stakeholder im nuklearen Notfallschutz angeschrieben wurden.

910 Der Fragebogen (Questionnaire) ist im Anhang E Kapitel 16 wiedergegeben.

Unter den Q-Fragen beziehen sich viele explizit auf das EPAL-Referenzniveau. Z.B. gehen folgende Fragen auf die Höhe der Eingreifrichtwerte für bestimmte Schutzmaßnahmen ein: Q050 („sheltering“), Q057 („evacuation“), Q069 („thyroid blocking“), Q079 („returning“), Q083 („relocation“) und Q084 („resettlement“).

Generell weist die Konstruktion des Fragenbogens zwei Besonderheiten auf, die sich auf die Formulierung der Fragen bzw. die Antwortmöglichkeiten beziehen. Zu den Fragen, die die fachlichen Inhalte betreffen, wurden die Fragen (Fragebogenitems) als Behauptungen (Statements) formuliert. In jedem Fall, in dem eine Aussage zu dem entsprechenden Thema in dem unveröffentlichten EPAL -Interim Report[911] aus dem Jahr 2010 vorlag, wurde dieses Statement, soweit möglich, wörtlich im Fragebogen übernommen. Da diese Statements identisch mit Textabschnitten aus einem Dokument (Oslo-Report)[912] sind, auf das sich die internationale Arbeitsgruppe EPAL hatte einigen können, waren die Fragebögen weniger subjektiv formuliert als dies z.B. bei selbst formulierten „geschlossenen“[913] Fragen der Fall sein dürfte. Um die Untersuchungsteilnehmer nicht in der Beantwortung zu beeinflussen, wurde kein Hinweis auf den Ursprung der Statements gegeben. Die zweite Besonderheit des Fragebogens betrifft die Antwortmöglichkeiten. Bis auf drei Fragen mit offener Beantwortung.[914] sind alle Q-Fragen des Fragebogens so konstruiert, dass ein Set von Antwortvorgaben in einer strukturierten Form angegeben ist. Die Verwendung von Antwortvorgaben dient dazu, Verzerrungen der Ergebnisse durch mögliche Fehlinterpretationen von Antworten zu vermeiden. Um nicht die Auswertung zu verfälschen, wurde jeweils auch die Nichtbeantwortung der Frage („no answer“) als zusätzliche Option zugelassen.

Damit wurden 99 der Q-Fragen (von Q001 bis einschließlich Q101) zur Auswahl vorgegebene Alternativantworten zugeordnet. Je nach Ergebnis seiner fachlichen Bewertung kann der Untersuchungsteilnehmer nur eine Alternativantwort wählen. Die Alternativantworten selbst gehören[915], je nach Frage, fünf verschiedenen Antwortmustern („type 1“ bis „type 5“) an. Die Antwortmuster besitzen bis zu 11 Stufen[916], die den Zustimmungsgrad charakterisieren sollen und von völliger Ablehnung („I disagree“) bis völliger Zustimmung („I agree“) reichen. Z.B. wird bei

911 EPAL 2010

912 Kapitel 6.2.3 sowie Fußnoten 385 und 920

913 „geschlossen“ in dem Sinne, dass die Antwortmöglichkeiten zu den Fragen vorgegeben sind.

914 Bei den Fragen P24, Q071 und Q073 konnten in einem Freitext vorher gegebene Antworten noch genauer spezifiziert werden. Wie die Rückläufe zeigten, wurde im wesentlichen nur bei Frage P24 hiervon Gebrauch gemacht.

915 Siehe das Anschreiben zum Fragebogen in Kapitel 16.1.

916 Die Antworttypen unterscheiden sich wie bei der Anzahl der Stufen des Zustimmungsgrades, die zwischen 2 („type 3“), 4 („type 5“), 7 („type 1“) und 11 („type 2“ und „type 4“) variiert.

allen o.a. Fragen, die sich auf das EPAL-Referenzniveau beziehen, das Antwortmuster „type 4“ verwendet, das 11 Stufen besitzt: fünf Stufen der Ablehnung (-5, -4,-3,-2,-1), eine „neutrale Stufe“ (0) sowie fünf Stufen der Zustimmung (1,2,3,4,5).

Die drei Fragen Q102 bis Q104, die sich auf strategische Aspekte („strategic aspects“) beziehen, haben als Antwortvorgaben keine Alternativantworten sondern Umordnungsantworten.[917] In diesen Fällen führt die Beantwortung zu Rangfolgen (Rankings), die sich aus den bevorzugten Alternativen der befragten Personen ergeben. Auf Grund der Fragestellungen in Q102 bis Q104 führt eine fachliche Bewertung des Untersuchungsteilnehmers jeweils zu einer Priorisierung bestimmter vorgegebener Elemente des Notfallschutzes. Es liegen also bei den Antworten zu nahezu jeder[918] „Q-Frage“ Merkmalsausprägungen vor, die im Sinne einer Rang- oder Ordinalskala[919] der Größe nach geordnet werden können.

Bei den zu den Part I bis Part III gehörenden „Q-Fragen“ des Fragebogens ist eher eine Zustimmung als eine Ablehnung bei der Beantwortung durch die Untersuchungsteilnehmer zu vermuten. Dafür gibt es folgenden Grund: im Fragebogen wurden in der Regel Statements aus einem internen Report (Oslo-Report)[920] verwendet, was jedoch den Untersuchungsteilnehmern nicht bekannt war. Diese Statements sind Aussagen, auf die sich die Arbeitsgruppe EPAL (Emergency Preparedness and Action Levels) in ihrem unveröffentlichten Zwischenbericht im Konsens geeinigt hatte. Im „Questionnaire“ wurde jeweils nach dem Grad der Zustimmung bzw. Ablehnung zu diesen Statements gefragt, wobei die Texte möglichst wörtlich übernommen wurden, um Interpretationsmöglichkeiten und Missverständnisse als Folge von Umformulierungen zu vermeiden. Der unveröffentlichte Oslo-Report von EPAL und damit die Statements im Fragebogen sind das Resultat jahrelanger europäischer Harmonisierungsarbeiten zahlreicher Experten im nuklearen Notfallschutz. [921]

---

917 Bortz/Döring 2006: 214

918 Ausnahmen bilden die beiden genannten Freitext-Fragen Q071 und Q073 und die jeweilige Antwortoption „no answer“.

919 Sachs/Hedderich 2006: 15

920 Dieser sogenannte Oslo Report unter dem Titel *„Results of the Working Group on „Emergency Preparedness and Action Levels (Interim Report, June 2010)“* beruht in wesentlichen Teilen auf dem internen Dokument der Arbeitsgruppe EPAL (EPAL 2010). Er war als zusammenfassender Bericht durch die Arbeitsgruppe EPAL erarbeitet worden und wurde von ihr der übergeordneten HERCA (=*Heads of the European Radiation Protection Competent Authorities*), die aus den Leitern der obersten nationalen Strahlenschutzbehörden in Europa besteht, zur Zustimmung vorgelegt. Jedoch hat HERCA den Oslo-Report weder im Konsensverfahren gebilligt noch, ohne Angabe von Gründen, zur Veröffentlichung freigegeben.

921 Die internationale Arbeitsgruppe EPAL arbeitete von Dezember 2007 bis Dezember 2010, hatte insgesamt 25 Mitglieder aus 13 europäischen Ländern. 8 Mitglieder haben, (von Anfang an) an den meisten und nur 3 von ihnen (darunter der Verfasser) an allen 11 Treffen während der o.a. dreijährigen Zeitraums teilgenommen.

Die Einschätzung des EPAL-Referenzniveaus[922] und die Beantwortung weiterer „Q-Fragen“ im Fragebogen, bei denen es um die Bewertung zahlreicher Sachverhalte im Zusammenhang mit der internationalen Harmonisierung im Notfallmanagement geht, setzen einen geeigneten Teilnehmerkreis von kompetenten Stakeholdern voraus. Entsprechend wurde der Kreis der befragten Personen, die sich mit dem Untersuchungsgegenstand des Fragebogens im weiteren Sinn beschäftigen, ausgewählt und am 23. November 2010 per elektronischer Post (e-mail) angeschrieben. In dem Begleitschreiben zum Fragebogen wurde darum gebeten, den Fragebogen zu beantworten, und betont, dass die Beantwortung in Form einer persönlichen Bewertung durch den Adressaten erwünscht ist. So heißt es im Anschreiben wörtlich: „*I am also interested in obtaining the personal view of the interviewee not the „official“ one of his country, his authority or his institute. In the present survey the “official” position is irrelevant and, therefore, it doesn’t matter whether “personal” and “official” views are consistent or not.*”.[923] Mit diesem Hinweis soll einer „Verfälschung“ des Untersuchungsergebnisses vorgebeugt werden, die dadurch entsteht, dass die Untersuchungsteilnehmer sich dafür entscheiden, in bestimmter Weise zu antworten oder auf eine Teilnahme verzichten, weil es vorgegebene bzw. keine „offizielle Positionen“ der Institution gibt, der sie angehören.

Das Begleitschreiben enthält die üblichen notwendigen Elemente zur Information der Untersuchungsteilnehmer: der Verantwortliche für die Untersuchung, der Untersuchungszweck und die Hintergründe für die Befragung, der Rücklauftermin (15.02.2011) sowie die Zusicherung der Anonymität und die Anleitung zum Ausfüllen des Fragebogens.[924] Um Transparenz bezüglich des Teilnehmerkreises der Befragung zu gewährleisten, wurde zusätzlich die Liste der e-mail Adressen der angeschriebenen Personen beigefügt.

Um eine möglichst repräsentative Stichprobe zu erhalten, wurde ein größtmöglicher Kreis von Stakeholdern aus verschiedensten Fachgebieten und Institutionen angeschrieben, die sich grob in zwei Zielgruppen zusammenfassen lassen:

1) „politisch orientierte Zielgruppe“: Vertreter aus Ministerien und Aufsichtsbehörden, Ländervertreter in internationalen Gremien und multilateralen Organisationen,

2) „technisch – fachlich orientierte Zielgruppe“: Personen aus Fachbehörden, fachbezogenen oder wissenschaftlichen Institutionen und Beratungsgremien (z.B. Strahlenschutzkommission).

922 Siehe die sechs Tabellen von Tabelle 12 bis Tabelle 17
923 Kapitel 16.1
924 Vgl. Bortz/Döring 2006: 257

Eine ähnliche, aber nicht identische Aufteilung der Befragten bezieht sich auf deren *Funktionen,* die im Zusammenhang mit den Arbeiten auf dem Gebiet des Notfallschutzes stehen. Hier musste ebenfalls eine a priori nicht klar feststehende Gruppierung vorgenommen werden, die einerseits die „Gruppe der Entscheidungsträger und das die Entscheidung beeinflussendes Fachpersonal in Aufsichtsbehörden“ und andererseits die „Gruppe der Experten aus wissenschaftlichen Einrichtungen, Universitäten oder Beratungsgremien für die für den Untersuchungsgegenstand der Erhebung zuständigen Behörden“ möglichst gut identifiziert. Um dies zu erreichen, wurden mehrere Fragen im „Questionnaire“ zu entsprechenden Merkmalsausprägungen der befragten Personen erstellt. So wurde um eine Selbsteinschätzung hinsichtlich der eigenen Person als „decision maker“, „senior expert“ und „advisor“ gebeten. Diese Begriffe sind nicht einheitlich definiert, werden aber nach den Erfahrungen des Verfassers bei der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA) und der Nuklearen Energieagentur (NEA) und in bilateralen Gremien zur Bezeichnung der Funktion von Teilnehmern verwendet. Auch wurde nachgefragt, ob die angeschrieben Person Berater einer Behörde als „external expert“ bzw. Mitglied von bestimmten einschlägigen internationalen Gremien[925] ist. Der Rücklauf der Fragebögen hat gezeigt, dass nicht in jedem Fall die Begriffe eindeutig interpretiert wurden. So betrachtet sich ein Befragter gleichzeitig als „decision maker“ und „senior expert“ und ein weiterer Befragter gleichzeitig als „decision maker“, „senior expert“ und „advisor“. Dieses Antwortverhalten mag darauf zurückzuführen sein, dass in einigen der 23 Länder (darunter Senegal, Zypern, Mazedonien), aus denen die Befragten kommen, eine klare Trennung zwischen diesen drei Merkmalsausprägungen fehlt.

Um in den Kreis der Befragten möglichst alle relevanten Stakeholder einzubeziehen und eine Vollerhebung anzustreben, wurden vor dem Versand der Fragebögen mehrere Erhebungen zur Auswahl geeigneter Untersuchungsteilnehmer vorgenommen. Unter anderen wurden die Mitgliederlisten der neun in den Fragen P18 bis P24 benannten Gremien, die Teilnehmerlisten von in jüngster Zeit durchgeführten Veranstaltungen bzw. Tagungen dieser Gremien (z.B. Competent Authority Meeting der IAEA) sowie in den letzten Jahren beruflich genutzte e-mail Adressverzeichnisse sowohl des Verfassers als auch von weiteren Kommunikationspartnern einbezogen. Dabei stellte sich heraus, dass weitgehende Überschneidungen in den Adressverzeichnissen insbesondere bei den Behördenvertretern vorlagen. Andererseits gab es zum Teil zusätzliche potenzielle Untersuchungsteilnehmer aus Industrie und Großforschungs-

925 Die Fagen beziehen auf Gremien, deren Mitglieder entsprechend dem jeweiligen Mandat aus unterschiedlichen Bereichen kommen: *Behörden (P19, P20, P21, P22), Wissenschaft (P18) sowie Institutionen und Unternehmen, die als Forschungsnehmer fungieren (P23).*

einrichtungen, dies betraf insbesondere Repräsentanten von Forschungsnehmern des EU-Forschungsrahmenprogramms auf dem Gebiet des Notfallmanagements in den Themenbereichen „Strahlenschutz“ und „Reaktorsicherheit“.

Es wurden 629 Adressen von potenziellen Untersuchungsteilnehmern ausgewählt, die, wie erwähnt, per e-mail am 23.11.2010 angeschrieben wurden. Insgesamt haben geschätzt ca. 600 Personen den Fragebogen und die Bitte um Beteiligung an der schriftlichen Befragung erhalten. Bis zum 29.11.2010 gab es in 54 Fällen Systemmeldungen, aus denen hervorging, dass die elektronische Post (e-mail) einzelne Empfänger nicht erreicht hatte. Davon konnten 6 e-mail Adressen korrigiert werden. 14 weitere Personen wurden auf Grund von Hinweisen und Rückmeldungen bis zum 8.12.2010 zusätzlich in den Verteiler aufgenommen.

Der Rücklauf erfolgte in dem Zeitraum vom 28.11.2010 bis zum 28.03.2011. Es gingen 55 ausgefüllte Fragebögen ein, davon waren 12 anonym abgegeben worden. 49 der 55 Fragebögen trafen fristgerecht bis zum vorgesehenen Stichtag 15.02.2011 ein. Insgesamt machten 45 Untersuchungsteilnehmer von der Verwendung eines „privaten Anonymisierungsschlüssels“ Gebrauch, in dem Sie zur Frage P10 ein Password ausfüllten. In dem Fragebogen wurde vorsorglich jeder Teilnehmer um die Übermittlung eines Passwords gebeten. Damit können z.B. die Auswertungen der Fragebogenergebnisse anonymisiert weitergegeben und Auswertungsergebnisse so mitgeteilt werden, dass diese nur vom dem Personenkreis der Password-Inhaber „entschlüsselt“ werden können.

Vor dem Hintergrund, dass die Untersuchungsteilnahme freiwillig, der Fragebogen mit 128 Fragen (24 „P-Fragen“ und 104 „Q-Fragen) außergewöhnlich umfangreich und inhaltlich sehr anspruchsvoll war und, soweit möglich, an die Beantwortung erinnert wurde, ist die Rücklaufquote und damit das auswertbare Material akzeptabel[926]: Geht man von 600 angeschriebenen Personen (und unterstellt, dass nur jeder Fragebogen von eine Personen ausgefüllt wurde), beträgt die Rücklaufquote etwas mehr als 9 Prozent.

14.3 Der Teilnehmerkreis und die personenbezogen Fragen (P-Fragen)

Wichtig für die Verwertbarkeit der Rückläufe ist die Zusammensetzung der Stichprobe der antwortenden Personen. Inwieweit die Befragten, die zu den 55 Rückläufen der Fragebögen gehören, repräsentativ für die Stakeholder sind, lässt sich im vorliegenden Fall nicht so leicht beantworten. Betrachtet man einerseits den angeschriebenen Personenkreis, der auch zahlreiche

926 Nach Bortz/Döring 2006: 256wird unter Verweis auf Wieken 1974 festgestellt, dass „*die in der Literatur berichteten Rücklaufquoten*“ zwischen 10% und 90% schwanken.

„top regulators“, d.h. Leiter der obersten nationalen Behörden sowie politische Entscheidungsträger für den nuklearen Notfallschutz umfasst, und vergleicht diesen andererseits mit dem Anteil von 9.1 Prozent der Antworten, die sich bei Frage P12 als „decision maker“ bezeichnen, so dürfte, statistisch betrachtet[927], mit einer 95%-Zuverlässigkeit der Anteil der Entscheidungsträger 3 Prozent bis 20 Prozent der angeschriebenen Personen ausmachen, was in einer Bandbreite liegt, die plausibel scheint.

Bei einer genaueren Analyse des genannten Personenkreises, der sich als “decision maker“ bezeichnet, fällt jedoch auf, dass eigentlich niemand von diesen Untersuchungsteilnehmern als „oberster Entscheidungsträger“ („top regulator“) im engeren Sinn bezeichnet werden kann. Generell lässt sich anhand von Plausibilitätsüberlegungen feststellen, dass die sogenannten „obersten Entscheidungsträger“ beim Fragebogenrücklauf signifikant unterrepräsentiert sind.

Der Kreis der 600 angeschriebenen Personen umfasst auch die Mitglieder von zwei internationalen Gremien, zu denen etliche „top regulators“ gehören. Z.B. sind in der verwendeten Kontaktliste von HERCA (Heads of European Radiation Control Authorities) 32 Länder sowie in der Liste der „Competent Authorities of Nuclear or Radiological Emergency States Parties“ der *IAEA* weitere „oberste Entscheidungsträger“ vertreten, so dass (offensichtlich) 32 als ein unterer Schätzwert für die unbekannte Zahl „oberster Entscheidungsträger“ angesehen werden kann, denen der Fragebogen zugesandt wurde. Nach statistischen Überlegungen[928] wären mit hoher Wahrscheinlichkeit unter den Rückläufen mindestens zwei Fragebögen von „obersten Entscheidungsträgern“ zu erwarten gewesen, was nicht der Fall war.

Tatsächlich dürfte, wie sich aus Rückläufen der Fragebögen ergibt, auch der Anteil der Untersuchungsteilnehmer mit juristischer Ausbildung signifikant unterrepräsentiert sein. Denn die Frage P16 im Fragebogen nach dem Vorhandensein einer juristischen Ausbildung des Untersuchungsteilnehmers[929] wurde nur von weniger als 4 Prozent[930] bejaht, während unter den 600 angeschriebenen Stakeholdern mehr als 76 Personen eine juristische Ausbildung besitzen, d.i. ein Anteilswert oberhalb des 95%-Konfidenzintervalls.[931]. Demgegenüber dürfte der Anteil der

927 Denn das 95%-Konfidenzintervall für den Anteilswert p = 0.091 = 5/55 aus einer dichotomen Grundgesamtheit, liegt zwischen den Werten 0.03 und 0.20. D.h. der Anteil der „Entscheidungsträger“ unter den angeschriebenen ca. 600 Personen beträgt minimal 3% und maximal 20%.

928 Denn die untere Grenze des 95%-Konfidenzintervalls für den Anteilswert p = 0.053 = 32/600 hat den Wert piu = 0.037, so dass wegen piu*55 = 2.02 der Erwartungswert größer als 2 Personen ist.

929 Die Frage P16 lautet „Is your educational background legal-oriented ?“

930 genauer: 3.7% = 0.037 = 2/55. Bei diesem Anteilswert ergibt sich ein oberer Grenzwert des (zweiseitigen) 95%-Konfidenzintervalls in Höhe von pio = 0.125 = 12.5 %.

931 Zur Begründung: Bei dem Anteilswert von 3.7% ergibt sich ein oberer Grenzwert des (zweiseitigen) 95%-Konfidenzintervalls in Höhe von pio = 0.125 = 12.5 %. und es gilt pio • 600 =75.16 < 76, d.h. jedes Verhältnis

Naturwissenschaftler[932] unter den Untersuchungsteilnehmern signifikant überrepräsentiert sein: er beträgt fast 95 Prozent.[933]

Wie die Ergebnisse zu den Fragen P14 und P18 bis P24 des Fragebogens nahelegen, ist der Kreis der Untersuchungsteilnehmer[934] auf dem Gebiet der Harmonisierung im Notfallmanagement urteilsfähig, fachkundig und als Mitglieder in einschlägigen internationalen Gremien hinreichend kompetent; er dürfte somit für die Befragung zur Harmonisierung von Grenzwerten und weitere spezielle Themen des Notfallschutzes der richtige Adressatenkreis sein. So sind 96% = 53/55 der Untersuchungsteilnehmer derzeit in Angelegenheiten des Notfallschutzes involviert.[935]

Hinsichtlich der Herkunft der Untersuchungsteilnehmer ergibt sich aus den Rückläufen folgendes Bild: Ca. zwei Drittel der Untersuchungsteilnehmer sind aus Behörden (Ministerien, Fachbehörden oder Verwaltung), die übrigen Untersuchungsteilnehmer kommen zu etwa gleichen Teilen aus der Industrie (Unternehmen der Industrie einschließlich der technischen Sachverständigen-Organisationen bzw. „technical support organisations“) und der Wissenschaft (Universitäten und Großforschungseinrichtungen):

	Behörde	**Industrie**	**Universität**
Anzahl	37	10	8
Anteil	67%	18%	15%

Tabelle 20: Berufliche Tätigkeiten der Untersuchungsteilnehmer

Es ist davon auszugehen, dass sich der Teilnehmerkreis der befragten Personen und der Kreis der Mitglieder in internationalen Fachgremien zum Notfallschutz sich in nicht unerheblichem Maße überschneiden. So wurde im Fragebogen nach den Mitgliedschaften in den wichtigsten einschlägigen Gremien gefragt (Fragen P18 bis P24), die in der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind.

---

von 76 (und mehr) Personen zu 600 ist auf dem 95%-Vertrauensniveau signifikant größer als der aus den Rücklaufen der Fragebögen ermittelte Anteil von Personen mit juristischer Ausbildung.

932 Die Frage P15 („*Is your educational background science-oriented ?*“) wurde von 94.5 % = 52/55 der 55 Untersuchsuchungsteilnehmer bejaht.

933 Beide o.a. 95%-Konfidenzintervalle wurden mit dem Statistikprogramm R nach Sachs/Hedderich 2006: 254-255 berechnet, wobei in den Berechnungen die Quantile der Fisher-Verteilung F mit den von der Gesamtteilnehmerzahl n = 55 abhängigen Freiheitsgraden und die unterschiedlichen Anteilswerte p eingehen.

934 Unter „*Untersuchungsteilnehmer*“ werden hier immer die antwortenden 55 Personen aus dem Kreise der ca. befragten ca. 600 Personen verstanden.

935 Diese Zahl ergibt sich aus den Rückläufen zu Frage 14 des Fragebogens.

Abkürzung	Gremium
ICRP:	"International Commission on Radiological Protection" (Internationale Strahlenschutzkommission),
IAEA/CA	„Competent Authorities (of Nuclear Accident or Radiological Emergency States Parties)" der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEA),
NEA/CRPPH	"Committee on Radiation and Public Health" der Nuklearen Energieagentur (NEA)
NEA/WPNEM	"Working Party on Nuclear Emergency Matters" der Nuklearen Energieagentur (NEA)
EU/ECURIE	"Competent Authorities" der „European Community urgent Radiological Information Exchange" der Europäischen Union (EU)
EU/EURANOS	European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategy" der Europäischen Union (EU)
WHO/RANET	Radiation Network" der Weltgesundheitsorganisation (WHO
IRPA	"International Radiation Protection Association" (Dachorganisation der nationalen Strahlenschutzfachverbände)
UNSCEAR	„United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation" der Vereinten Nationen (UN)

Tabelle 21: Internationale Gremien im Notfallschutz

Aus den Rückläufen der Fragebogen ergibt sich ein relativ hoher Anteil: Je nach Gremium der internationalen Organisation liegt die Zahl der Mitglieder unter den Untersuchungsteilnehmern in einem Bereich zwischen 3 und 24 und damit ihr prozentualer Anteil zwischen 5% und 44%. Die höchsten prozentualen Anteile von Mitgliedschaften unter den Untersuchungsteilnehmern sind in der nachstehen Grafik wiedergegeben, in der für die Gremien die Abkürzungen nach Tabelle 21 verwendet wurden.

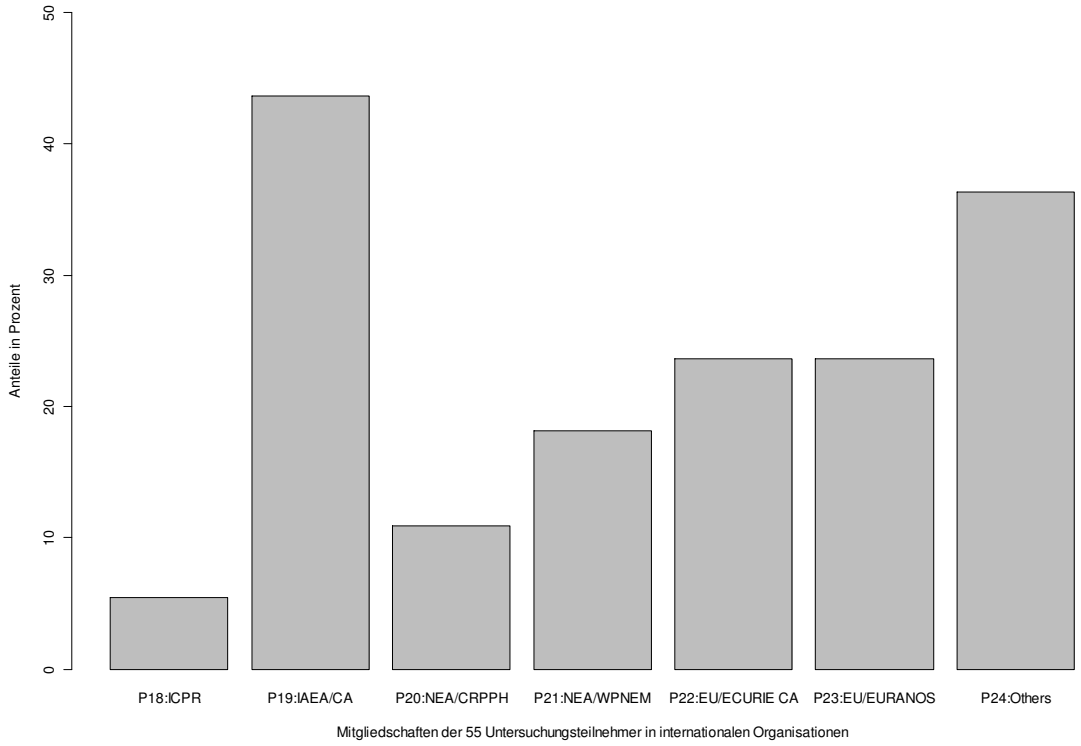


Abbildung 2: Mitgliedschaften der Untersuchungsteilnehmer

Durchschnittlich kommen somit auf jeden Untersuchungsteilnehmer 1.6 Mitgliedschaften in den genannten Gremien. Die Zahl der Vertreter in aufgeführten einschlägigen Gremien der IAEA, NEA und EU beträgt 53 und entspricht damit fast der Gesamtzahl der Rückläufe. Jedoch treten Mehrfachmitgliedschaften häufig auf. Die Anzahl der Mitgliedschaften in den einzelnen Gremien sowie in Kombinationen von zwei Gremien lässt sich aus der nachstehenden Tabelle (Matrix) entnehmen: die Gremien (in der Kurzschreibweise nach Tabelle 21) sind den Zeilen und Spalten der Matrix zugeordnet. Die eingetragenen Zahlen in den Zellen der symmetrischen Matrix geben die jeweiligen Häufigkeiten der Mitgliedschaften in den entsprechenden Gremien wieder: die Diagonalelemente beziehen sich auf einzelne Gremien und die Nebendiagonalelemente auf entsprechende Gremienkombinationen.

	ICRP	IAEA/CA	NEA/CRPPH	NEA/WPNEM	EU/ECURIE	EU/EURANOS	Others
ICRP	3	3	0	0	2	1	1
IAEA/CA	3	24	4	9	12	9	12
NEA/CRPPH	0	4	6	2	1	1	3
NEA/WPNEM	0	9	2	10	5	4	5
EU/ECURIE	2	12	1	5	13	8	5
EU/EURANOS	1	9	1	4	8	13	5
Others	1	12	3	5	5	5	20

Tabelle 22: Gremienzugehörigkeit der Untersuchungsteilnehmer

Es treten auch Mitgliedschaften in bis zu fünf Gremien auf, wie die nachstehende Übersicht in Tabelle 23 und die Veranschaulichung als Tortendiagramm mit den jeweiligen prozentualen Anteilen in Abbildung 3 zeigen:

Anzahl der Gremien:	0	1	2	3	4	5
Untersuchungsteilnehmer	19	9	14	4	6	3

Tabelle 23: Häufigkeit der Gremienzugehörigkeit der Untersuchungsteilnehmer

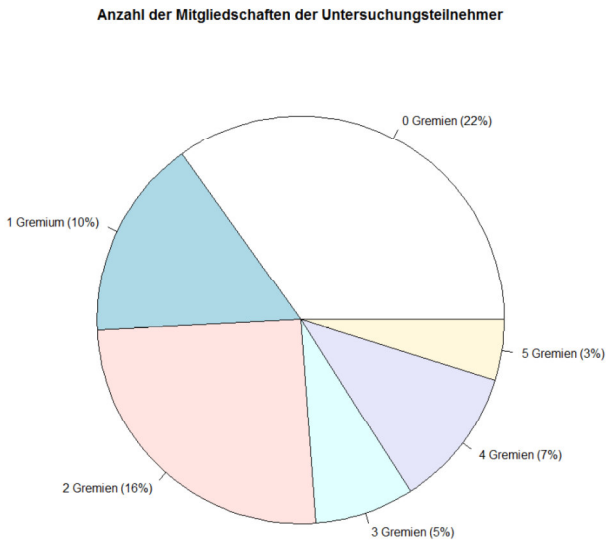


Abbildung 3: Anzahl der Mitgliedschaften

Aus den Daten ergibt sich, dass bei den Untersuchungsteilnehmern keine Konzentration auf eine bestimmte Anzahl von Mitgliedschaften vorliegt. Ähnliches gilt auch bezogen auf die Gremien selbst, wenn man deren jeweiligen Größen[936] berücksichtigt. Dass eher eine Gleichverteilung als eine Konzentration vorliegt, kann man auch quantitativ an dem Wert des Gini-Simpson-Indexes GSI erkennen kann, der ein Maß für die Diversität darstellt:[937] GSI = 0.769.

Um die Untersuchungsteilnehmer untereinander zu unterscheiden, werden sie mit U1, U2,…,U55 bezeichnet, wobei in der Notation die Zahlen 1 bis 55 der Reihenfolge entspricht, in der der Rücklauf der Fragebögen erfolgt ist. Wie im Kapitel 14.4 dargestellt wird, können die Untersuchungsteilnehmer U2, U4 und U21 hinsichtlich der Beantwortung der Q-Fragen als „Ausreißer“ angesehen werden. Daher werden bei der Frage, ob sich bei der Beantwortung der Fragebögen hinsichtlich der Mitgliedschaften signifikante Unterschiede ergeben, vorsorglich beide Fälle (mit bzw. ohne Ausreißer) betrachtet.

Um die Signifikanz von unterschiedlichen Beantwortungen des Fragebogens zu prüfen, werden die 99 Q-Fragen im Fragebogen betrachtet, die Statements beinhalten.[938] Ihnen wird, wie im

936 Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die IAEA/CA weit mehr Mitglieder hat als die anderen Gremien.

937 Sachs/Hedderich 2006: 57. Der Gini-Simpson-Index besitzt den Wert 0, falls alle 55 Untersuchungsteilnehmer gleich viele Mitgliedschaften besitzen (z.B. niemand Mitglied ist oder alle nur in 1 Gremium Mitglied sind). Der Gini-Simpson-Index besitzt bei größter Variabilität den maximalen Wert (n-1)/n, d.h. im vorliegenden Fall n=6 (wegen der Mitgliedschaft in 0 bis 5 Gremien) und der maximale Wert des Gini-Simpson-Index ist 5/6 =0.833, was „Gleichverteilung“ bedeutet: je 11 Untersuchungsteilnehmer haben 0 bzw. 1 bzw. 2, ... , bzw. 5 Mitgliedschaften.

938 Die 99 Statements sind, mit Ausnahme der Fragen Q071 und Q073, in den Fragen Q001 bis Q101 enthalten. Etwas ungenau aber vereinfachend werden im Folgenden diese 99 Fragen mit Statements mit „Q001 bis Q101“ bezeichnet.

Kapitel 14.4 angegeben, je nach Antwort eine Punktezahl zugeordnet, die den Grad der Zustimmung zu dem jeweiligen Statement im Fragebogen kennzeichnet. Somit erhält jeder Untersuchungsteilnehmer eine für ihn charakteristische Zahl (z.B. Gesamtpunkt oder durchschnittliche Punktezahl, je nach gewähltem Parameter) als Ergebnis des von ihm beantworteten Fragebogens. Im nächsten Schritt wird eine geeignete Methode der nichtparametrischen Statistik verwendet, wobei der Parameter „durchschnittliche Punktzahl der Untersuchungsteilnehmer U1 bis U55“ gewählt wird und die Rechnungen vorsorglich sowohl mit Berücksichtigung als auch ohne Berücksichtigung der Ausreißer U2, U4 und U21 durchgeführt werden. D.h. für die „P-Fragen“, bei denen nach Mitgliedschaften in bestimmten internationalen Gremien (als Gruppenmerkmalen) gefragt wird, wird mit Hilfe von Tests geprüft, ob signifikante Lageunterschiede zwischen den Gruppen existieren. M.a.W. es wird aus den Rückläufen der Fragebögen untersucht, ob und inwieweit es bei der Beantwortung „gruppenspezifische Einstellungen auf dem Gebiet der internationalen Harmonisierung des Notfallschutzes“ gibt. Unter den statistischen Tests wird als geeigneter Zweistichproben-Test für den Vergleich zweier Erwartungswerte bei unabhängigen einfachen Stichproben der Wilcoxon-Test[939] gewählt. Die nachstehende Tabelle gibt die Ergebnisse der Anwendungen dieses Tests auf verschiedene Gruppen an, zu denen die Untersuchungsteilnehmer gehören, wobei zwei Fälle unterschieden werden: 1) alle Untersuchungsteilnehmer U1 bis U55 und 2) alle Untersuchungsteilnehmer bis auf die drei Ausreißer U2, U4 und U21.

Gruppe in U1 bis U55	Zugehörigkeit (Gruppenmerkmal)	p-Wert der Wilcoxon-Rangsummentests		Bemerkung
		Alle (d.h. U1 bis U55)	Alle ohne U2,U4,U21	
p11	"member of an authority"	0.5493	0.8714	nicht signifikant
p13	„advisor of an authority"	0.776	0.9759	nicht signifikant
p19	"IAEA CA (Competent Authority)”	0.9396	0.9418	nicht signifikant
p20	"NEA/ CRPPH"	0.5528	0.3762	nicht signifikant
p21	"NEA/ WPNEM"	0.1551	0.195	nicht signifikant
p22	EU/ECURIE	0.1414	0.2485	nicht signifikant
p23	EU/EURANOS	0.2840	0.4642	nicht signifikant
p24	"Others"	0.3994	0.7302	nicht signifikant
p19u21	in Gruppen p19 und p21	0.1443	0.1954	nicht signifikant
p19u22	in Gruppen p19 und p22	0.1411	0.24	nicht signifikant
p.epal	in EPAL (langjährig)	0.03654	0.05156	signifikant

939 Genauer handelt es sich um den *zweiseitigen exakten Wilcoxon-Rangsummentest,* der aus Sicht der Statistik keine besonderen Voraussetzungen an die Modellannahmen fordert: die Stichprobenwerte sind Realisierungen von unabhängigen Zufallsvariablen, deren Verteilung nicht vorgegeben ist, und es sind gleiche Stichprobenwerte (Bindungen) zulässig. Der Wilcoxon-Rangsummentest „*für die in zwei Stichroben ermittelten Werte einer Variablen überprüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen der Variable in den zugehörigen Bedingungen identisch ist*“ und fordert als Voraussetzung, dass „*die Verteilungen in beiden Bedingungen in ihrer Form übereinstimmen*“, d.h. „*lediglich ggf. horizontal verschobene Versionen voneinander darstellen*“ (Shift-Modell), vgl. Wollschläger 2010: 205. Der in den Berechnungen verwendete „*exakte Wilcoxon Test*“ ist die Variante des Wilcoxon-Rangsummentests im Statistik-Programm R, das die p-Werte auch bei Bindungen exakt berechnet, während die R-Standardfunktion „wilcox.test(…)“ nur asymptotische p-Werte berechnet (Duller 2008: 1728).

p.epal2	in EPAL (alle d.h. auch kurzzeitig)	0.2025	0.05156	nicht signifikant
p.deutsch	deutsche Staatsbürger	0.7377	0.412	nicht signifikant

Tabelle 24: Erwartungswerte für Gruppenzugehörigkeiten (Wilcoxon-Rangsummentests)

Es zeigt sich, dass bis auf eine Ausnahme die Nullhypothese beibehalten wird und somit die Bewertung der 99 Aussagen in den Fragenbogenteil „von Q001 bis Q101“ statistisch gesehen „in gleicher Weise“ von den Mitgliedern und den Nichtmitgliedern der Gruppen vorgenommen wird. Die Ausnahme bildet die Gruppe der Mitglieder der Arbeitsgruppe EPAL (Emergency and Action Levels), die sich über einen mehrjährigen Zeitraum mit den Themen des Fragebogens befasst haben. Der Unterschied dieser Gruppe unter den Untersuchungsteilnehmern gegenüber dem Rest der Untersuchungsteilnehmer (ohne Ausreißer) ist auf dem 5% - bzw. 10%-Niveau signifikant.

Interessant ist, dass die erhobenen Daten und die Testergebnisse am Beispiel von EPAL zwei Erfahrungen des Verfassers bestätigen: 1) auch in Gremien zur Harmonisierung der Anforderungen im Notfallschutz kann man einzelne Mitglieder mit extrem abweichende Bewertungen („Ausreißer“) finden und 2) erst eine eingehende und langfristige Befassung in Harmonisierungsgremien führt zu weitgehend gemeinsamen Ansätzen unter den Gremienmitgliedern und, wie im vorliegenden Fall, zu einer ähnlichen positiven Bewertung der diesbezüglichen Fragen im Fragebogen.

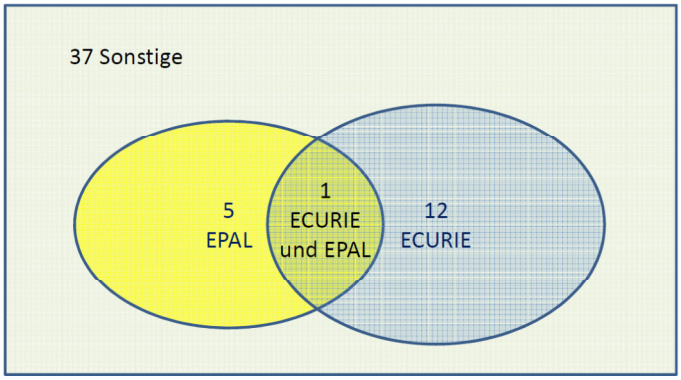
Die statistischen Berechnungen geben auch einen Hinweis darauf, dass sich - von EPAL abgesehen - bei der weiteren Gruppe EU/ECURIE noch am ehesten gruppenspezifische Merkmale finden lassen. Dies bestätigt der Welch-Test[940] für die Parameter Mittelwerte der Punktzahlen der Untersuchungsteilnehmer auf dem 90%-Niveau:

Gruppe in U1 bis U55	Zugehörigkeit (Gruppenmerkmal)	Welch-Test		p-Wert
		Mittelwert: Gruppe | Rest	90%-Konfidenzintervall	
p22	EU/ECURIE	80.5745 | 75.8755	0.02526634 | 9.37272769	0.09827
p.epal	in EPAL (langjährig)	85.06881 | 75.99646	0.828709 | 17.315988	0.07607

Tabelle 25: Signifikante Gruppenzugehörigkeiten (Welch-Tests)

Betrachtet man unter den Untersuchungsteilnehmern die Gruppenzugehörigkeiten zu EPAL und EU/ECURIE, so sind diese nicht ganz unabhängig wie das nachstehende Venn-Diagramm zeigt:

940 Der verwendete Welch-Test unterscheidet sich vom Zwei-Stichproben-t-Test dadurch, dass er keine gleichen Varianzen voraussetzt. Beide Tests sind parametrische Tests, erfordern im Gegensatz zum Wilcoxon-Rangsummentest also die Normalverteilungsannahme, so dass es, statistisch betrachtet, streng genommen bei den vorliegenden Daten (Parameter) eher nicht anwendbar ist, sondern lediglich als Indikator dienen kann.



Zugehörigkeit der 55 Untersuchungsteilnehmer zu ECURIE bzw. EPAL

Abbildung 4: Venn-Diagramm (bzgl. ECURIE- und EPAL-Mitgliedschaft)

Nach Auffassung des Verfassers[941] gibt es einen kausalen Zusammenhang für die bessere Bewertung bei der Beantwortung des Fragebogens durch die Gruppenmitglieder von EPAL und EU/ECURIE gegenüber den Nichtmitgliedern, der ursächlich für die Signifikanz im Welch-Test sein dürfte: Beide Gremien (und deren Mitglieder) befassen sich inhaltlich stärker als andere mit bestimmten Themengebieten des Fragebogens und beide Gremien sind sich der Notwendigkeit eines abgestimmten grenzüberschreitenden Notfallmanagements als Basis eines anzustrebenden EU-Gemeinschaftsverfahrens bewusst.

Um die Repräsentativität der Stichprobe der befragten Personen zu prüfen, ist die Rücklaufstatistik hinsichtlich der Herkunftsländer der Untersuchungsteilnehmer von Interesse: 55 Untersuchungsteilnehmer stammen aus 23 Ländern, davon sind die Untersuchungsteilnehmer aus Deutschland mit einem Anteil von 42% überrepräsentiert. Eine entsprechende Zusammenstellung der Länder aller Teilnehmer der Befragung anhand der Rückläufe ist in der Tabelle 26 wiedergegeben, aus der sich u.a. ergibt, dass aus neun Ländern mehrere Untersuchungsteilnehmer stammen und aus dreizehn Ländern jeweils ein Untersuchungsteilnehmer stammt:

941 Der Verfasser ist langjähriges Mitglied in beiden Gremien, d.h. bei EPAL während des Bestehens von 2007 bis 2010 und bei ECURIE seit 2004. Der Schwerpunkt bei EPAL war der anlagenexterne Notfallschutz in der Frühphase eines Unfalls und diente dem Ziel der Harmonisierung von Eingreifrichtwerten in Europa. ECURIE (European Community Urgent Radiological Information Exchange) ist das System der Europäischen Gemeinschaft für den Informationsaustausch in radiologischen Notsituationen, das u.a. zur frühzeitigen Benachrichtigung eine Meldekette aller 29 Mitgliedstaaten (Schweiz, Kroatien und alle 27 EU-Mitgliedstaaten) eingerichtet hat mit dem Ziel, bei einer „radiologischen Notstandsituation“ einen schnellen Überblick der radiologischen Lage zu erhalten und rechtzeitig Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Grundlage der Gemeinschaftsvereinbarung ist die Ratsentscheidung 87/600/Euratom vom 14.12. 1987 (Amtsblatt Nr. L 371 vom 30.12.1987 S. 0076 - 0078).

Anzahl	Herkunftsländer der Untersuchungsteilnehmer
23	Deutschland (DE)
3	Großbritannien (UK), Japan (JP), Polen (PL)
2	Finnland (FI), Schweiz (CH), Slowakei (SK), Spanien (ES), USA (US)
1	Bulgarien (BG), Dänemark (DK), Irland (IE), Italien (IT), Kroatien (HR), Litauen (LT), Luxemburg (LU), Mazedonien (MK), Niederlande (NL), Österreich (AT), Rumänien (RO), Senegal (SN), Ungarn (HU), Zypern (CY)

Tabelle 26: Herkunftsländer der Untersuchungsteilnehmer

14.4 Statistische Auswertungen der sachbezogenen Fragen (Q-Fragen)

Bei der Beantwortung der 99 Q-Fragen im Fragebogen, die Statements beinhalten,[942] geht es vorrangig um die persönliche Bewertung und Beurteilung von Textpassagen, in denen Aussagen bzw. Behauptungen zu den Anforderungen im Notfallschutz ("Requirements on Harmonization Nuclear Emergency Preparedness and Response") aufgestellt wurden. Eine Zusammenfassung dieser Ergebnisse zu „Q001 bis Q101" aus den Rückläufen der Fragebogenaktion ist in der nachstehenden Übersicht wiedergegeben.

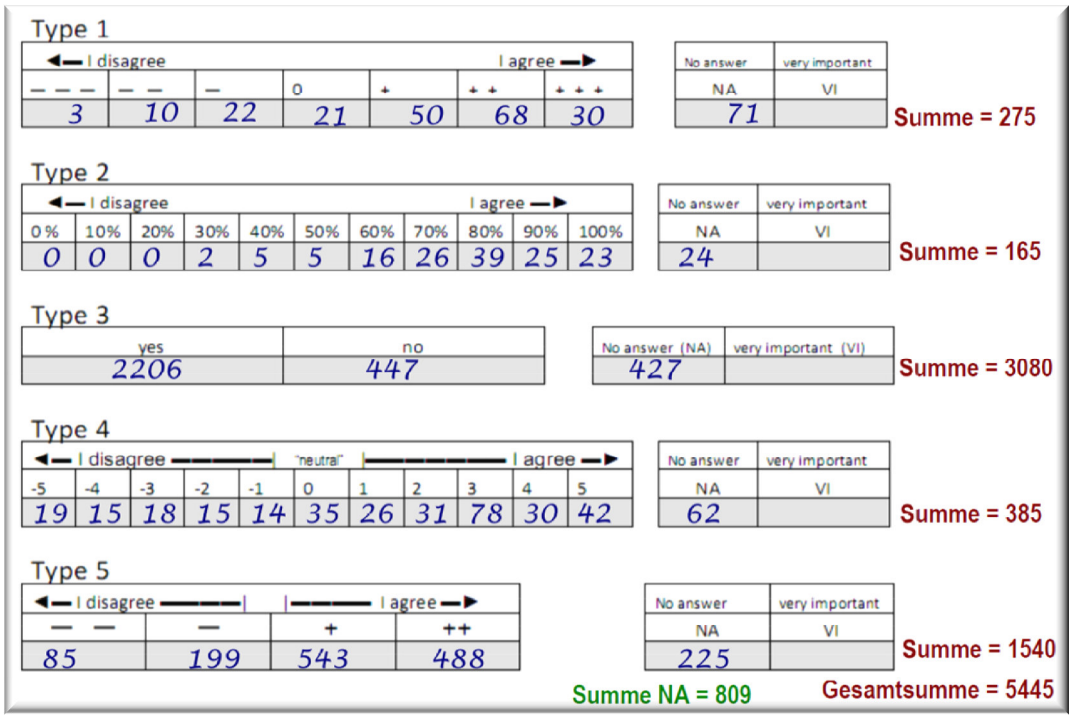


Abbildung 5: Zusammenfassende Statistik (Rückläufe der Fragebogenaktion)

Sieht man einmal von den Feldern „No answer" (NA) für die Kategorie „Nichtangaben" ab, so kann man die übrigen Ausprägungen der vorgegebenen Antworten zu den Fragen vom Typ 1 bis

942 Im Folgenden werden der Einfachheit halber unter „Q001 bis Q101" (in Anführungszeichen) die 99 Fragen von Q001 bis Q101 abzüglich der Fragen Q071 und Q073 verstanden.

Typ 5 in naheliegender Weise den Kategorien „Zustimmungen“, „Ablehnungen“ und „Indifferenzen“ zuordnen.

Den „Indifferenzen“ entsprechen die Ausprägungen „0“ bei „Type 1“, „50%“ bei „Type 2“, und „0“ bei „Type 4“. „Indifferenzen“ und „Nichtangaben“ sind zwei völlig verschiedene Kategorien: Während bei der Befragung in 809 Fällen durch Ankreuzen von „NA“ noch keine Entscheidung bzgl. Abstimmung oder Zustimmung getroffen ist, gibt es in den 61 Fällen, die zur Kategorie „Indifferenzen“ gehören, eine neutrale Position der Befragten. Insoweit spielen die beiden Kategorien eine unterschiedliche Rolle, wenn es um die Definition der Grundgesamtheit zur Ermittlung der prozentualen Zustimmungs- bzw. Ablehnungsanteile geht.

Summiert man entsprechend dieser Aggregation die aus den Rückläufen erhobenen Zahlen für alle Fragetypen (Q-type mit den 5 Ausprägungen t1 bis t5) und ermittelt ihre prozentualen Anteile bezogen auf die beiden Grundgesamtheiten (d.h. mit bzw. ohne die Berücksichtigung der „No answer“-Anteile), so erhält man die in der nachstehenden Tabelle 27 angegebenen Werte.

Ablehnung				Q-type	Zustimmung			
Rang R	ohne NA	mit NA	Rang R‘		Rang R	ohne NA	mit NA	Rang R‘
1.	5.0 %	4.2 %	1.	t2	10.	91.5 %	78.2 %	10.
2.	16.9 %	14.5 %	3.	t3	9.	83.2 %	71.6 %	9.
3.	17.6 %	12.7 %	2.	t1	7.	72.6 %	53.82 %	7.
4.	21.6 %	18.4 %	4.	t5	8.	78.4 %	67.0 %	8.
5.	25.1 %	21.0 %	5.	t4	6.	64.1 %	53.77 %	6.
	18.4 %	15.7 %		alle		80.3 %	68.3 %	

Tabelle 27: Zustimmungen und Ablehnungen (Fragentyp bezogen)

Beschränkt man sich auf die Untersuchungsteilnehmer der Befragung, die sich zu den Fragen „Q001 bis Q101“ entschieden haben, d.h. berücksichtigt man in der Grundgesamtheit alle Antworten der Kategorien „Zustimmungen“, „Ablehnungen“, „Indifferenzen“ und „Nichtangaben“,.so zeigt diese Analyse:

Zu 80 Prozent werden die Aussagen bzw. Behauptungen in dem Text “Requirements on Harmonization Nuclear Emergency Preparedness and Response“ geteilt und nur zu ca. 18 Prozent werden sie abgelehnt, wenn man jeweils die Befragten berücksichtigt, die eine Entscheidung getroffen haben.[943]

943 Vgl. Abbildung 13

Der Einfluss des Anteils der „Indifferenzen“ ist dabei vernachlässigbar gering: Wie die Berechnungen ergeben, andern sich die angegebenen Werte 18.4% bzw. 80.3% maximal etwa um einen Prozentpunkt.[944] Die Differenzen in den jeweiligen Gliederungszahlen[945] ergeben sich, wenn die Grundgesamtheiten einmal ohne Nichtangaben und ohne Indifferenzen und einmal ohne Nichtangaben und mit Indifferenzen berechnet werden.

Berücksichtigt man alle Fragen und alle Untersuchungsteilnehmer, so verringern sich die Anteile[946] hinsichtlich der Zustimmung von 80 % auf 68% und der Ablehnung von 18% auf 16%.
14% der Fragen „Q001 bis Q101“ wurden nicht beantwortet und je nachdem, ob dieser Anteil bei der Frage von Zustimmung bzw. Ablehnung in der Gesamtzahl Berücksichtigung findet oder nicht, können selbst auf dem Niveau von Rangzahlen sich die Verhältnisse ändern wie an der Tabelle 27 an den nicht identischen Rangzahlen R und R‘ zu erkennen ist.
Gleichwohl hält sich der Einfluss der zu veränderten Anteilswerten auf die Rangzahlen, der sich aus der Berücksichtigung der Nichtbeantwortung in der Grundgesamtheit ergibt, sehr in Grenzen. Quantitativ kann man dies an dem hohen Wert des Rangkorrelationskoeffizienten τ von Kendall („Kendalls tau“) erkennen, der sich als Übereinstimmungsmaß interpretieren lässt[947]:

Betrachtet man bei der Ermittlung des Rangkorrelationskoeffizienten nur die Ablehnungen (Ankerreihe: 1,2,3,4,5 und Vergleichsreihe: 1,3,2,4,5), so erhält man $\tau = 0.8$. Entsprechend ist $\tau = 1$, wenn man nur die Zustimmungen betrachtet, da in diesem Fall Ankerreihe und Vergleichsreihe identisch sind und somit τ wegen fehlender Inversionen den Maximalwert 1 annimmt. Berücksichtigt man sowohl Ablehnungen als auch Zustimmungen, so besitzt der Rangkorrelationskoeffizient für die beiden Rangreihen R und R‘ den Wert $\tau = 0.96$.

Es wird nicht angenommen, dass der Fragentyp selbst Einfluss auf den Inhalt der Beantwortung gegeben hat, d.h. bei Entscheidungen der Untersuchungsteilnehmer im Hinblick auf Zustimmung oder Ablehnung dürfte der vorgegebene Fragentyp keine Rolle gespielt haben.

---

944 Die genauen Differenzen der Anteilswerte in Prozent lauten: 0.24561404 und 1.07017544).

945 Gliederungszahlen sind Zahlen, die „das zahlenmäßige Verhältnis einer Teilmenge zu der zugehörigen Gesamtmenge ausdrücken“ (Sachs/Hedderich 2006: 57).

946 Zu der Veränderung dieser Gliederungszahlen trägt die um die Nichtangaben und Indifferenzen erweiterte Grundgesamtheit bei. Die Nichtangaben betragen 14% = 809/5445 und die Indifferenzen 1% = 61/5445 der (erweiterten) Grundgesamtheit. Maßgeblich für den Einfluss auf die Veränderungen sind also die Nichtangaben, die zu mehr als 90 Prozent beitragen (0.92 = 1- 61/809).

947 Zur Rangkorrelation von Spearman siehe Rasch et al. 2004: 127–128. Die Rangkorrelation von Kendall dient wie die Rangkorrelation von Spearman zur „*Bestimmung und Überprüfung des Zusammenhangs zweier unabhängiger Messreihen*“. Sie ist im vorliegenden Fall das richtige Verfahren, weil – im Gegensatz zu Spearman – keine „*äquidistanten Merkmalsabstände bei aufeinander folgenden Rangzahlen*“ vorausgesetzt wurden, Bortz/Lienert 2003: 266–277.

Gleichwohl deckt sich diese Annahme nicht mit den (formalen) statistischen Berechnungen, wenn man ausschließlich die Zustimmungen und Ablehnungen bei den beiden meist verwendeten Fragentypen betrachtet, denn die Verhältnisse $\frac{Ablehnungen}{Ablehnungen+Zustimmungen}$ unterscheiden sich. Z.B. nehmen sie bei *Q-type 3* den Wert 16.85% = $\frac{447}{447+2206}$ und bei *Q-type 5* den Wert 21.60% = $\frac{284}{284+1031}$ an.[948] Im vorliegenden Fall gibt es statistische hoch signifikante Unterschiede: die Irrtumswahrscheinlichkeit unter der Nullhypothese beim zweiseitigen Binomialtest liegt unter 1% und die berechneten[949] zugehörigen 95%-Konfidenzintervalle überlappen sich nicht.

Bei dem Verhältnis $\frac{Ablehnungen}{Ablehnungen+Zustimmungen}$ handelt es sich um den Anteilswert, der aus den Rückläufen ermittelt wird. Er stellt die relative Häufigkeit für Ablehnungen dar, wenn man nur die Untersuchungsteilnehmer betrachtet, die sich hinsichtlich einer repräsentativen Frage für eine der beiden Alternativen entschieden haben (dichotome Zufallsvariable). Die relative Häufigkeit gilt nach dem Gesetz der großen Zahlen als Schätzwert für den Anteilswert, der sich ergibt, wenn man durch Vergrößerung des Stichprobenumfangs von der Stichprobe auf die dichotome Grundgesamtheit übergeht. Mit dem Übergang von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit geht man (fiktiv) davon aus, dass alle Stakeholder Untersuchungsteilnehmer sind, die sich zu den einzelnen Fragen des Fragebogens entweder zustimmend oder ablehnend äußern. Der Anteilswert liegt in einem Vertrauensintervall, dessen exakte zweiseitige Grenzen (untere und obere Vertrauensgrenzen des 95%-Konfidenzintervalle) sich berechnen lassen.[950] Die entsprechenden Werte (relative Häufigkeit aus der Stichprobe und Grenzen des Vertrauensintervalls für den Anteilswert) sind in der Tabelle der Abbildung 6 zusammengestellt. Demnach liegt der unbekannte Parameter, d.h. die Wahrscheinlichkeit, eine Aussage im Fragebogen abzulehnen, mit einer vorgegebenen Fehlerwahrscheinlichkeit von 5% in einem Intervall zwischen 0.17 und 0.19.

Mit anderen Worten: bei häufiger Beantwortung von Fragen liegt in ca. 95% der Fälle der Anteil der Ablehnung in dem Konfidenzintervall von 17% bis 19% und somit wird nur in 5% der Fälle der Anteil der Ablehnung nicht von diesem Intervall erfasst.

948 In dem statistischen Modell des „*(zweiseitigen) Binomialtests zur Prüfung von Hypothesen bzgl. einer unbekannten Wahrscheinlichkeit*“ wurden aus den vorliegenden Daten die Anzahl der Wiederholungen, die Anzahl der „*Erfolge*“ (*Ablehnungen*) und die unter der ungerichteten Nullhypothese angenommene „*Erfolgswahrscheinlichkeiten*“ bestimmt (vgl. Sachs/Hedderich 2006: 348).

949 Die mit dem Statistikprogramm R ermittelten *Konfidenzintervalle auf dem 95%-Niveau* sind (0.1544289 ; 0.1832837) bzw. (0.1940032 ; 0.2392129).

950 Vgl. Sachs/Hedderich 2006: 254-255,348-349

Relative Häufigkeit $\frac{Ablehnung}{Ablehnung+Zustimmung}$	Q-Type	95%-Vertrauensintervall des Anteilswertes	
		untere Grenze	obere Grenze
19.13 % = 35 / (35+148)	1	0.1369811	0.2558185
5.15 % = 7 / (7+129)	2	0.02094148	0.10317341
16.85 % = 447 / (447+2206)	3	0.1544289	0.1832837
28.13 % = 81 / (81+207)	4	0.2300776	0.3369872
21.60 % = 284 / (1031 + 284)	5	0.1940032	0.2392129
18.67 % = 854 / 4575	alle	0.1754694	0.1982653

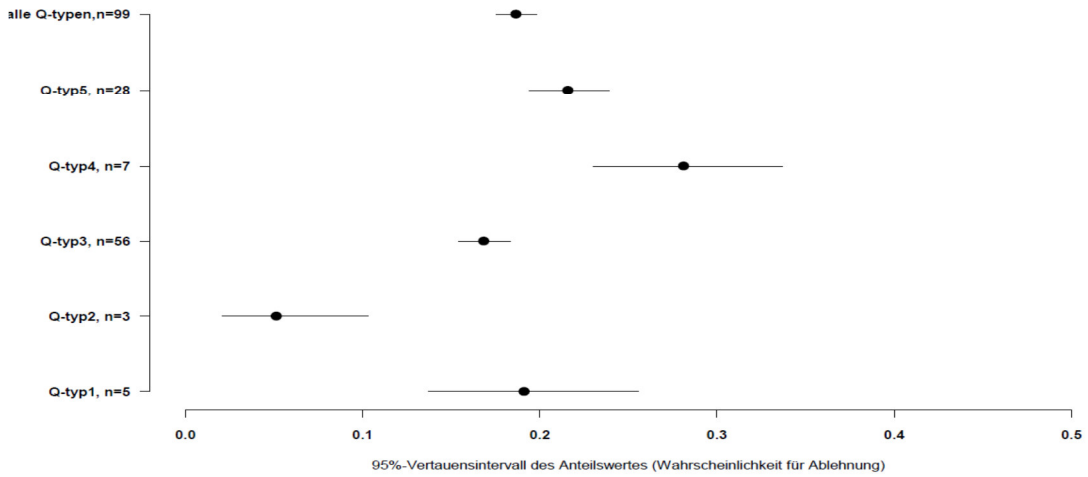


Abbildung 6: 95%-Vertrauensintervall des Anteilswertes (Wahrscheinlichkeit für Ablehnung)

Betrachtet man nun statt der aggregierten Zusammenfassungen nach Fragetypen den Rücklauf in Bezug auf jede der einzelnen Fragen Qn von „Q001 bis Q101“, so gibt es für jedes Qn in naheliegender Weise ein 4-Tupel von Werten für die Kategorien Zustimmung, Ablehnung, Indifferenz und Nichtangabe (mit den Bezeichnungen: hpos, hneg, hind, hna), wie dies exemplarisch an fünf Beispielen in der nachstehenden Tabelle 28 gezeigt wird.

Type 1

◄— I disagree						I agree —►
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +
1	3	6	4	8	11	11

No answer	very important
NA	VI
11	

Q085

Type 2

◄— I disagree										I agree —►
0 %	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
0	0	0	1	1	1	4	9	12	11	8

No answer	very important
NA	VI
8	

Q099

Type 3

yes	no
37	4

No answer (NA)	very important (VI)
14	

Q087

Type 4

◄— I disagree ————	"neutral"	———— I agree —►								
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	2	3	0	0	5	5	4	15	4	5

No answer	very important
NA	VI
10	

Q057

Type 5

◄— I disagree ————	———— I agree —►		
— —	—	+	++
4	11	27	8

No answer	very important
NA	VI
5	

Q015

(*hpos, hneg, hind, hna*) ist:

(30,10,4,11) für Q085, (44,2,1,8) für Q099, (37,4,0,14) für Q087,

(33,7,5,10) für Q057 und (35,15,0,5) für Q015

Tabelle 28: Beispiel für Häufigkeitstabelle (hpos, hneg, hind, hna)

Um das 4-Tupel auf einen Parameter zu reduzieren, der als Maß für die Akzeptanz für die mit den Fragen Qn verbundenen Aussagen interpretiert werden kann, wird folgende Zuordnung vorgeschlagen

1) die Werte von hind bleiben bei der Reduktion unberücksichtigt, da sie eine „neutrale Position“ wiedergeben
2) die Werte von hpos und hneg werden als „gebundene Variable“ zum Differenzvektor hpn:= hpos-hneg zusammengefasst
3) hpn.64 als ein konservativer Schätzwert für hpn wird definiert durch hpn.64:= hpn – 0.64 •˙ hna = hpos – hneg • 0.64.

Je nach Sichtweise kann als Parameter für die Differenz „Zustimmung abzüglich Ablehnung“ hpn oder (konservativ geschätzt) hpn.64 gewählt werden. Die Ausprägungen des Parameters hpn kennzeichnen den Überhang (bei negativem Vorzeichen den Mangel) an Zustimmungen ohne Berücksichtigung von Indifferenzen und Nichtangaben, während hpn.64 in gewisser Weise als

eine Grenze für „ungünstige Fälle“ angesehen werden kann, der bis auf eine vernachlässigbare Fehlerwahrscheinlichkeit nicht unterschritten wird.

Man kann hpn.64 somit wie folgt interpretieren: In 95% der Fälle, bei denen sich alle Untersuchungspersonen, die sich bisher zu einer Frage noch nicht entschieden hatten und nun zu einer entweder ablehnenden oder zustimmenden Meinung kommen, wird der neue Überhang „Zustimmungen abzüglich Ablehnungen“ den Wert hpn.64 nicht unterschreiten. Eine derartige Interpretation setzt allerdings folgende Annahmen voraus: Alle Untersuchungsteilnehmer, die zu den Fragen „NA“ (Nichtangabe) angekreuzt haben, entscheiden sich entsprechend neu zugunsten von hpos (Zustimmung) oder hneg (Ablehnung) und zwar zufällig entsprechend einer von Qn abhängenden Normalverteilung $N_{Qn}(\mu,\sigma)$ („Gaußkurve“)[951], wobei μ der Wert von hpos-hneg für Qn ist und das Produkt 5.15 • σ der Wert für die von Qn abhängige Streubreite (range) Rn ist.[952] Es gilt Rn = 2 • hna, da die Streuung in zwei Richtungen erfolgen kann mit den beiden Extremen, die sich ergeben, wenn die bisherigen Nichtbeantworter bei Frage Qn (deren Anzahl hna beträgt) entweder alle zustimmen oder alle ablehnen. Die Wert der Verteilungsfunktion $F_z(z)$ der Standardnormalverteilung an der Stelle z=-1.65 ist so klein, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die standardnormalverteilte Zufallsvariable einen kleineren Wert als z annimmt, vernachlässigbar (d.h. „bis auf eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 5% ausgeschlossen“)[953] ist.

Wegen

$$R = 5.15 \bullet \sigma$$

$$5.15 \bullet \sigma = 2 \bullet h_{na} \qquad \text{d.h. } \sigma = \frac{h_{na}}{2.575}$$

$$1.65 \bullet \sigma = \frac{1.65}{2.575} \bullet h_{na} = 0.64 \bullet h_{na}$$

gilt: zu etwa 5% nimmt die normalverteilte Zufallsvariable $N_{Qn}(\mu,\sigma) = N_{Qn}(hpn\ , \frac{h_{na}}{2.575})$ Werte an, die kleiner als hpn.64:= hpn – 0.64 • h_{na} sind.

951 Vgl. Abbildung 7

952 Vgl. die „*Orientierungshilfen für die Schätzung von Populationsstreuungen*“ in Bortz/Döring 2006: 423. Bei dem dort angegebenen Faktor 5.15 handelt es sich um einen *Näherungswert für die Streubreite (Range)* R. Man kann ihn ohne weiteres durch 5.16 = 2•2.58 ersetzen, weil die „*zentralen Schwankungsintervalle*“, bei denen 99% der Gesamtfläche unter der *Normalverteilungskurve* liegen, üblicherweise durch μ ± 2.58·σ bzw. durch z=±2.58 für die Standardnormalverteilung beschrieben wird, s. Sachs/Hedderich 2006: 196. Zwar ist 5.15 eine bessere Näherung, wie man an der Ergebnis -5.151659 der R-Funktion: „2*qnorm(0.005,mean=0,sd=1)“ erkennen kann, aber der (formale) Unterschied ist unerheblich: auf drei Nachkommastellen gerundet gilt bei beiden Näherungswerten Gleichheit wegen: σ = 0.194·R (da 1/5.15= 0.1941748 , 1/5.16= 0.1937984 und 1/(2*qnorm(0.005,mean=0,sd=1))= -0.1941122).

953 Nach Bortz/Döring 2006: 758 hat der Tabellenwert der Verteilungsfunktion $F_z(z)$ der Standardnormalverteilung an der Stelle z=-1.65 den Wert $F_z(-1.65)$= 0.0495, was dem Wert pnorm(-1.65)= 0.04947147 im Statistikprogramm R entspricht, d.h. zu ca. 5% nimmt die standardnormalverteilte Zufallsvariable Werte z an, die kleiner als -1.65 sind. Es ist $F(-3.3) < 10^{-3}$.

Also sind für jede Frage Qn unter den gemachten Normalverteilungsannahmen[954] Werte x, die den neuen Überhang „Zustimmungen abzüglich Ablehnungen“ charakterisieren, die kleiner sind als der Wert der durch hpn.64:= hpn – 0.64 · hna = hpos – hneg - 0.64 · hna gegebenen Funktion, bis auf eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 5% ausgeschlossen. hpn.64 stellt also, vom Blickwinkel der „Zustimmungen zur Frage Qn“ betrachtet, einen „sehr ungünstigen Fall“ dar.

Zum Beispiel gilt bei Frage Q87 (n=87): hpos=77, hneg=34, hna =14 hind=0, also hpn =77-34 = 33, hpn-hna=33-14= 19 und hpn.64 = 33 – 0.64 · 14 = 24.04. Dieser Wert 24.04 entspricht dem 5%-Quantil[955] der Dichteverteilung einer normalverteilten Zufallsvariablen mit Erwartungswert μ = 33 und einer Standardabweichung σ = 0.389*14 = 5.446 (bzw. σ = 14/2.575 = 5.437). Die entsprechende Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist in Abbildung 7 dargestellt:

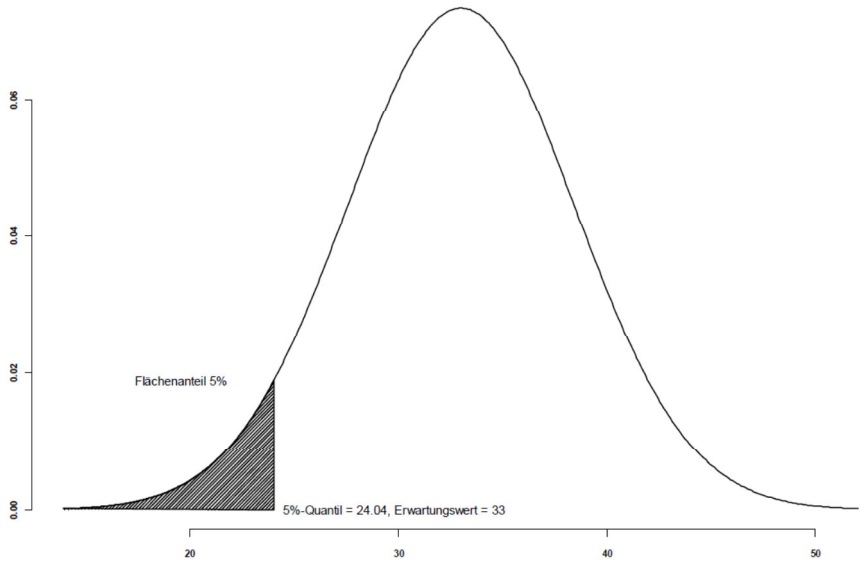


Abbildung 7: Gauß-Verteilung bezogen auf Frage Q33

Die Parameter hpn und (konservativ betrachtet) hpn.64 stellen somit ein Maß für die Akzeptanz dar. Ihre Werte hängen von der jeweiligen Frage Qn von „Q001 bis Q101“ab, wobei n=1,2,3…die Nr. der Q-Frage ist. Zu jede Frage Qn von „Q001 bis Q101“ gibt es vier eindeutig bestimmte Werte: der Nummern-Index n für die jeweilige Frage sowie die zu n gehörenden Werte von hpn(n) und hpn.64(n) und der Index k(n), der den Rang von hpn.64(n) angibt.[956]

Um eine Überblick über die Beantwortung aller Fragen von „Q001 bis Q101“ zu bekommen, werden hpn(k) , hpn.64(k) und n(k) für jede Frage Qn in dem nachstehenden Diagramm

954 D.h. es wird eine Normalverteilung NQn für die „Zufallsvariable NA“. angenommen.

955 Das 5% Quantil mit R berechnet ergibt 24.04213 = qnorm(0.05, mean=33, sd=0.389*14)

956 In der Notation der Programmiersprache R wäre k identisch mit order(hpn.64) , wenn man k und hpn.64 als Vektoren interpretiert. Es gibt eine bijektive Abbildung zwischen n und k: n=n(k) und k=k(n).

(Abbildung 8) dargestellt. Entsprechend der Definition von k, die auf der Abzisse in Abbildung 8 aufgetragen ist, sind die Werte hpn64(k) monoton steigend („grüne Punkte“ in Abbildung 8). Die „roten Punkte“ mit den Koordinaten (k,hpn(k)) sowie die neben den an den Stellen (k,n) wiedergegeben „kleine Kreisen“ in Abbildung 8 sind zur übersichtlicheren Darstellung jeweils mit einem Linienzug verbunden. Neben jedem „kleinen Kreis“ ist jeweils die Nummer n=n(k) der zu k gehörenden Frage angegeben. So besitzt in Abbildung 8 zum Beispiel Q012 die minimalen und Q009 die maximalen hpn und hpn.64 Werte.

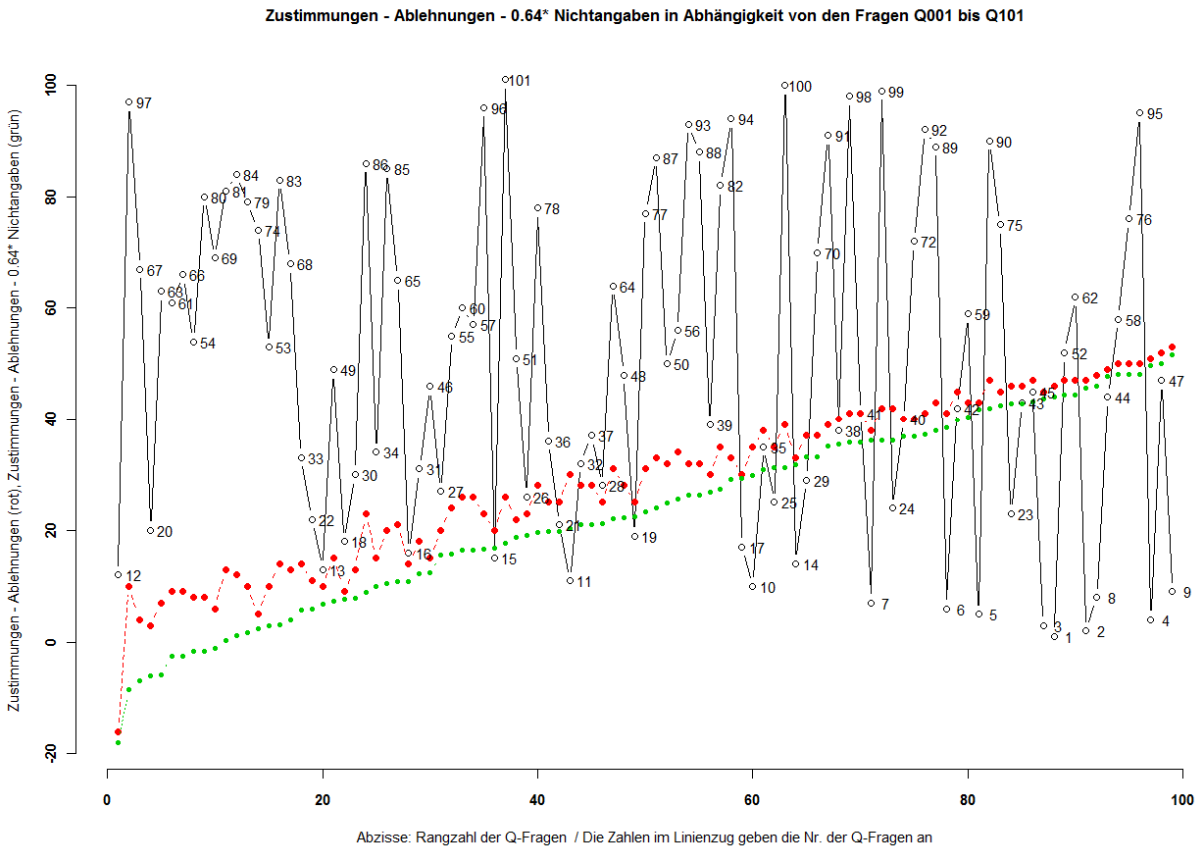


Abbildung 8: Rangzahlen der Q-Fragen (Zustimmungen, Ablehnungen und Nichtangaben)

Aus dem Diagramm in Abbildung 8 erkennt man, dass

1) bis auf eine Ausnahme bei allen Fragen die Zustimmungen überwiegen (rote Punkte),
2) selbst im (konservativen) “ungünstigen Fall“ die Zustimmungen überwiegen (grüne Punkte), wenn man von wenigen Ausnahmen absieht,
3) der (schwarze) Linienzug zu n, der die angegebenen Nr. der Fragen (kleine Kreise) verbindet, so „im Zick Zack“ verläuft, dass für n keine größeren Abschnitte aufeinanderfolgenden Zahlen existieren, die ausschließlich im 1. oder 3. Quantil der Werte von hpn.64 (bzw. von hpn) liegen, was bedeutet: Es gibt keine größeren Abschnitte von aufeinanderfolgenden und damit inhaltlich zusammenhängenden Statements im Fragebogen, die entweder besonders positiv oder besonders negativ bewertet wurden.

Für die Parameter hpn („rote Punkte“), hpn.64 („grüne Punkte“) in Abbildung 8 sowie für hpn – hpn.64, hna und hpn-hna sind die Kenngrößen der Verteilungen und die Boxplots in der nachstehenden Abbildung 9 wiedergegeben. Daraus lässt sich z.B erkennen, dass die Differenz hpn –hpn.64 nicht normalverteilt ist sondern eine linkssteile Verteilung besitzt.

	Minimum	1. Quantil	Median	3.Quantil	Maximum
hpn	-16 (Q012)	15	30	41	53 (Q009)
hpn.64	-17.92 (Q012)	10.14	23.32	36.80	51.72 (Q009)
hpn-hpn.64	0.64 (Q017)	2.88	5.12	8.32	18.56 (Q097)
hna	1 (Q017)	4.5	8	13	29 (Q017)
hpn-hna	-19 (Q012)	6	19	35	51 (Q009)

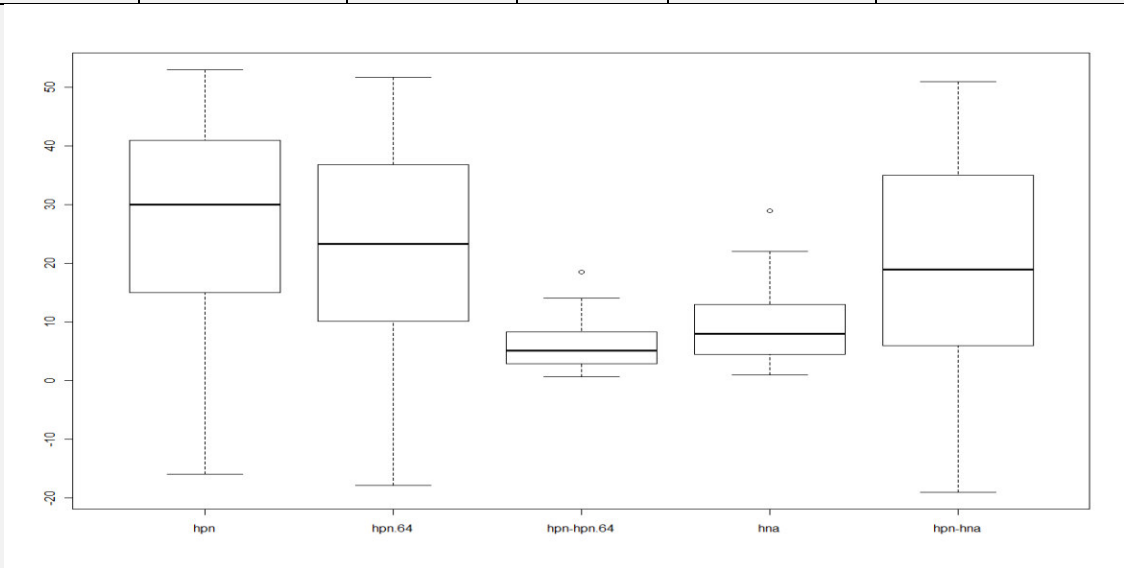


Abbildung 9: Kenngrößen und Boxplots (hpn, hpn.64, hpn-hpn.64, hna, hpn-hna)

Tatsächlich lässt sich (mit dem Shapiro-Wilk-Test) nachweisen, dass keine der Kenngrößen hpn, hpn.64 bzw. hpn-hpn.64 normalverteilt ist: Der Shapiro-Wilk-Test prüft die Hypothese, dass die Beobachtungen in einer der Zufallsstichproben hpn, hpn.64 bzw. hpn-hpn.64 einer normalverteilten Zufallsvariablen zugeordnet werden können. Unter den Anpassungstest hat der Shapiro-Wilk-Test „ gegenüber den Testverfahren mit die höchste Priorität“[957] und er „gilt als sehr guter Test, um die Nullhypothese der Normalität zu überprüfen“.[958] Die Prüfgröße („Teststatistik“) W des Shapiro-Wilk Tests beruht auf der Verteilung des Quotienten aus zwei Schätzungen für die Varianz.[959] W nimmt Werte zwischen 0 und 1 an, wobei die Werte im Fall, dass eine

957 Sachs/Hedderich 2006: 342
958 Steland 2004: 244
959 Sachs/Hedderich 2006: 342

Normalverteilung vorliegt, nahe bei 1 liegen, während kleine Werte von W gegen die Normalverteilungsannahme sprechen.[960]

Die Ergebnisse in Tabelle 29 zeigen, dass die Normalverteilungsannahmen für hpn, hpn.64 bzw. hpn-hpn.64 auf dem 5%-Niveau abgelehnt werden, also deren Werte nicht normalverteilt sind.[961]

Shapiro-Wilk Tests		
Eingabe:	**Ausgabe:**	
	W	**p-value**
shapiro.test(hpn)	0.9582	0.003188
shapiro.test(hpn.64)	0.9677	0.01565
shapiro.test(hpn-hpn.64)	0.9321	7.119e-05

Tabelle 29: Shapiro-Wilk Tests

Aufgrund dieser Ergebnisse sollten Verfahren der nicht-parametrischen Statistik zur Datenbeschreibung und zur weiteren Analyse der Ergebnisse aus den Fragebögen zum Einsatz kommen.

Zwischen hpn und hpn.64 existiert der lineare (statistische) Zusammenhang

$$\text{hpn.64} = 1.12 \bullet \text{hpn} - 9.18,$$

wie das Ergebnis einer Regressionsrechnung zeigt. Diese Regressionsgleichung der Form $y = a \cdot x + b$ besitzt folgende 95% Konfidenzintervalle für die beiden Parameter a und b: [1.082475; 1.163214] für a und [-10.492212; -7.871321] für b.

Tatsächlich stimmen die lineare Regression und der Streudiagrammglätter[962] bei den vorliegenden Daten gut überein, wie die Abbildung 10 zeigt.

960 Steland 2004: 244

961 In den linken Spalten Tabelle 29 sind unter „Eingabe“ die verwendeten Programmbefehle des Statistikprogramms R wiedergegeben.

962 Zur Berechnung der einfachen lineare Regression wurde die R-Routine *lm( )* verwendet., Bei der Ermittlung des Streudiagrammglätters, der auf lokal gewichteten Polynomen basiert, wurde die R-Routine *lowess( )*, siehe Wollschläger 2010: 381, Groß 2010: 124,199sowie Cleveland 1979, 1981 verwendet.

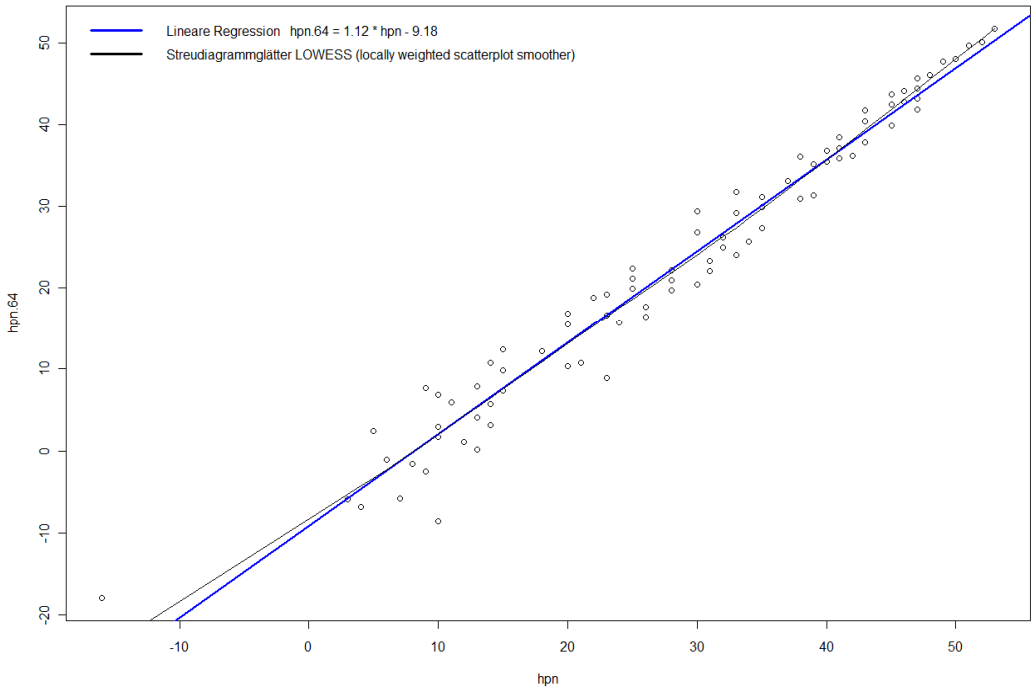


Abbildung 10: Lineare Regression und Streudiagrammglätter (bzgl. hpn.64 und hpn)

Quantitativ wird dieser „lineare“ Zusammenhang in Abbildung 10 durch die zwischen 0.91 und 0.99 liegenden Werte für die Korrelationskoeffizienten von Bravais-Pearson bzw. die Rangkorrelationskoeffizienten von Spearman („Spearmans ρ“) und Kendall („Kendalls τ“). bestätigt: Der für intervallskalierte Daten geltende Korrelationskoeffizient von Bravais-Pearson (Produkt-Moment-Korrelation) beträgt 0.984455. Für die auf der Basis des ordinalen Messniveaus beruhenden Rangkorrelationskoeffizienten gelten ähnliche Werte: der Rangkorrelationskoeffizient von Spearman beträgt 0.9872609, der Rangkorrelationskoeffizient von Kendall 0.9149134.

Ordnet man, wie in Abbildung 11 dargestellt, für jeden Fragentyp „Type1“ bis „Type5“ den möglichen Antworten Punktzahlen in dem Bereich von 0 bis 100 zu, so lässt sich die Punktzahl als „Grad der Zustimmung“ interpretieren.

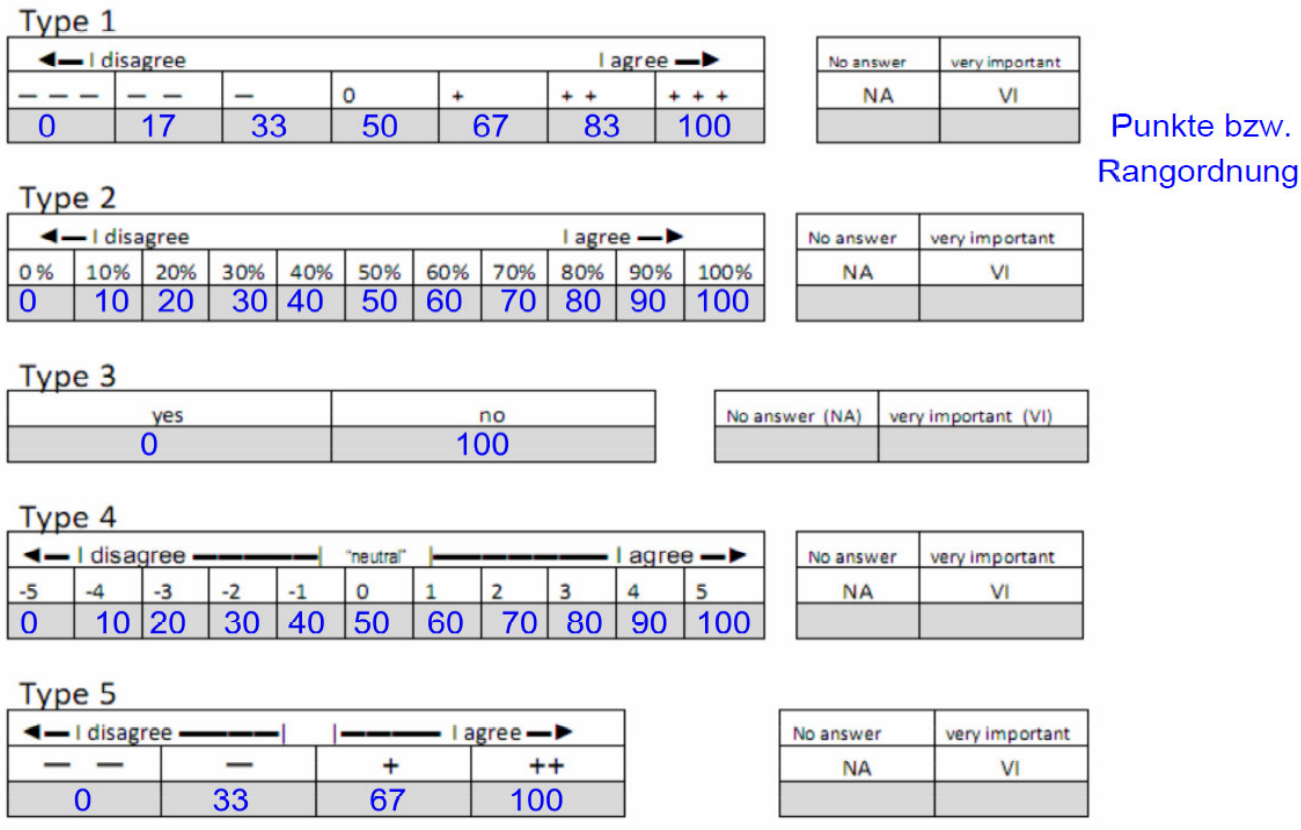


Abbildung 11: Grad der Zustimmung für die Ausprägungen der "Fragentypen"

Eine Auswertung der Rückläufe aller Fragebögen nach diesen Punktzahlen (in Abbildung 11) ergibt die folgende, in Tabelle 30 zusammenfasste Übersicht.

Anzahl	Anzahl „NA“	Anzahl ohne Mehrfachnennung	Mittelwert	Quantile der Punkte						
n	missing	unique	Mean	.05	.10	.25	.50	.75	.90	.95
4636	809	15	77.09	0	0	67	100	100	100	100

Tabelle 30: Statistische Zusammenfassung der Punktzahlen

D.h. 4636 mal wurde geantwortet und 809 mal wurde „NA“ (no answer, missing) angekreuzt. 15 von den Antworten kamen nur einmal (unique) vor. Fasst man die Punkte als metrische Daten auf[963], so liegt der Mittelwert bei 77.09 Punkten. Der Median der Punktzahl liegt bei 100 Punkten, das 1. Quantil bei 67 Punkten und der Interquartilsabstand bei 33 Punkten. [964]

963 Zum Skalenniveau von Ratingskalen bemerkt Bortz/Döring 2006: 181: „die Frage, ob – wie es die Intervallskala fordert – gleiche Zahlendifferenzen auch gleiche Merkmalseigenschaften repräsentieren ist ein messtheoretisches und kein statistisches Problem“. Fasst man die Punkte als Intensitätsstufen auf einer Intervallskala auf und betrachtet diese als „äquidistante Zustimmungsskala“ von 0 (= keine Zustimmung) bis 100 (= totale Zustimmung) ließe sich der Mittelwert dann als „77 prozentige Zustimmung“ interpretieren.

964 M.a.W. bei mehr als der Hälfte aller Fragen gab es 100 und bei mehr als drei Viertel aller Fragen mindestens 67 Punkte.

Tabelle 31 gibt die absoluten Häufigkeiten bzw. prozentuale Häufigkeiten für die 15 verschiedenen Punktezahlen wieder:

Punkte	0	10	17	20	30	33	40	50	60	67	70	80	83	90	100
Anzahl	554	15	10	18	17	221	19	61	42	593	57	117	68	55	2789
Anzahl in %	12	0	0	0	0	5	0	1	1	13	1	3	1	1	60

Tabelle 31: Absolute und prozentuale Häufigkeitsverteilung der Punktzahlen

Eine Statistik der absoluten Häufigkeiten der Punktezahlen ohne Berücksichtigung der „NA“ (no answer, missing), ist in Tabelle 32 wiedergegeben: die Zahlen variieren zwischen 10 und 2789, ihr Median liegt bei 57 und der Mittelwert beträgt 309.1.[965]

Anzahl	Anzahl „NA“	Anzahl ohne Mehrfachnennung	Mittel-wert	Quantile der Häufigkeiten						
n	missing	unique	Mean	.05	.10	.25	.50	.75	.90	.95
15	0	15	309.1	13.5	15.8	18.5	57.0	169.0	777.4	1251.8

Tabelle 32: Mittelwert und Quantile der Häufigkeiten

Vergleicht man diesen Mittelwert mit den Anzahlen für die einzelnen Punkte (Merkmalsträger), so erkennt man, dass sich die Häufigkeiten auf wenige der 15 Merkmalsträger konzentrieren, z.B. auf die Punktzahlen 100, 67 und 0. Dies Beobachtung lässt sich quantifizieren: Der Gini-Index[966] beträgt hier 0.825, und dieser hohe Wert[967] bestätigt damit eine hohe Konzentration der Verteilung der Häufigkeitszahlen. Anschaulich ergibt sich dies auch an der „bauchigen“ Form der Lorenzkurve[968] in der Abbildung 12.

965 Es gilt 309.1 = 4636/15 , d.h. bei *Gleichverteilung* wäre jede Punktzahl 309-mal angekreuzt worden, und es ist wegen (15+1)/2 = 8 die Anzahl 57 als achter Wert der aufsteigend sortierten Anzahlen der Median der Häufigkeiten.

966 Sachs/Hedderich 2006: 83-84

967 0.825 entspricht ca. 90% des maximal möglichen Wertes 0.933 = 14/15 für den Gini-Index.

968 Die *Lorenz-Kurve* dient zur „*Erkennung der Konzentrationstendenzen*“ (Bamberg/Baur 2001: 24–25), während der *Gini-Index* als „*Indikator für die Konzentration bzw. Ungleichheit der Merkmalswerte*“ (Bamberg/Baur 2001: 26–27) gilt. Der Gini-Koeffizient ist das Verhältnis FGL/FuG, wobei FGL die „*Fläche zwischen Gleichverteilungsgerade und Lorenzkurve*“ und FuL die „*Fläche unterhalb der Gleichverteilungsgeraden*“ ist (Schulze 1994: 99,102). Bei Gleichverteilung ist der Gini-Koeffizient gleich 0, während er bei maximaler Konzentration den Wert n-1/n, d.h. im vorliegenden Fall 0.93 annimmt.

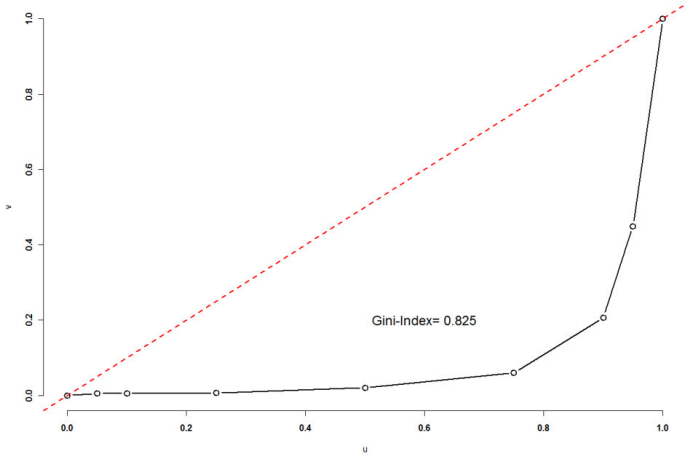


Abbildung 12: Lorenzkurve und Gini_Index (bzgl. der Häufigkeitszahlen)

In Tabelle 33 ist für jeden einzelnen Untersuchungsteilnehmer (Zeilenindex i = 1,...,55) die Verteilung der Punkte als Ergebnis der Bewertung des Fragebogens wiedergegeben. In dem Spaltenkopf von Tabelle 33 sind die 18 verschiedenen Punktezahlen zwischen den Werten von 0 bis 100 (Spaltenindex j = 1,.., 18) und in den Spalten deren Häufigkeiten angegeben.

Während die durchschnittliche Punktzahl, gemittelt über alle 55 Untersuchungsteilnehmer bei ca. 77 Punkten („Gesamtsdurchschnitt“) liegt[969], schwanken die Durchschnittspunktzahlen der Untersuchungsteilnehmer von 45.95 bis 96.77 Punkten.

Nr	0	10	17	20	25	30	33	40	50	60	67	70	75	80	83	90	95	100
1	8		1	1		3	6		2		5	1		4	1			66
2	22		1			2	5	1	2		10							30
3	12			1		1	10			8	15							45
4	26			1			5	1	1		3	3		2	1			35
5	6			1			2			1	12			4	2			46
6	2						2								2			93
7	10		1	1			4	2	1	3	17	2		2	1			44
8	21	5	2	1			4				5				1	3		55
9	5						5	1	5	2	7			3	2	1		32
10	3						1				13							44
11	14					3	3				3			4	1			70
12	5					1	2	1	2		7	1		2	4	3		70
13	7						1		3		6	1		2	2			54
14	8	3	1			1	5			2	11	1		2	1			36
15	11					1	7		7	2	19	2			1			43
16	20	2					12				12	1		5	2	1		44
17	14		1	1		1	6	1	1		14			6	2	1		48
18	2								1		13			7	2	2		72
19	7	1		1			9		1	1	10	2		2	2			55
20	10						5		2	1	14	2		1				21
21	37		1				1			1	10	1		1				27
22	19			1			7	1	2	2	10	2		1	1	2		50
23	7						7	2			12	2		6	2			53

969 Als genauer Wert wurde die Zahl 76.98618 berechnet.

24	9						1		4		6				1			47
25	10			1			5			1	6	1		2	1	2		57
26	16			2		1	2				20	1		3	2			50
27	1						3				13			9	1			53
28	8						3		3		20	1		3		4		51
29	14										5			1				76
30	10						4		1		10				1			49
31	11						3			1	11	1		2	2	5		58
32	6						2				3							15
33	1								1		21	6		4	2			62
34	3						6				11	1			4	2		66
35	7						4			1	19	1		8	2			52
36	10			1			11	2	1	1	16	2						48
37	4						2				3							49
38	8						4	1	3		15			4	2	3		53
39	1							1										10
40	8						3	1		1	11	4		2	2	2		60
41	20						3		3		10	5		2		2		47
42											8			1		2		83
43	25					1	1			2	8	2		1	2	2		39
44	20	1		1			6	1	1	1	7	1			3	3		53
45	16		1	1			4				22					1		47
46	12	1					4		1		8			2	1	5		55
47											13			1	1	1		45
48	9						5			1	11			1	2	4		66
49	13		1				7		7	3	9							41
50	6					1	6				14	3		5	3			41
51	5			1			4		2	4	16	3			1			60
52	9						8	3		1	11	2		4	2			48
53	4					1	4		1	1	10	1		4	1	2		69
54	6	2					2				19			2				44
55	6			2			5		3	1	9	1		2	2	2		62

Tabelle 33: Punkteverteilung der Untersuchungsteilnehmer

Bezogen auf die 99 Fragen von „Q001 bis Q101“ haben alle 55 Untersuchungsteilnehmer in 4636 von den maximal 5445 möglichen Fällen Punkte vergeben. In Tabelle 34 ist deren Verteilung wiedergegeben, d.h. die Punktezahlen (Spaltenkopf) sowie absoluten Häufigkeiten („Anzahl“) und relativen Häufigkeiten sowohl mit („%“) als auch ohne Einbeziehung („% ohne NA“) der Nichtangaben (NA).

	NA	**Punkte**														
		0	10	17	20	30	33	40	50	60	67	70	80	83	90	100
Anzahl	809	554	15	10	18	17	221	19	61	42	593	57	117	68	55	2789
%	14.9	10.2	0.3	0.2	0.3	0.3	4.1	0.3	1.1	0.8	10.9	1.0	2.1	1.2	1.0	51.2
% ohne NA		11.9	0.3	0.2	0.4	0.4	4.8	0.4	1.3	0.9	12.8	1.2	2.5	1.5	1.2	60.2

Tabelle 34: Kumulative Punkteverteilung ("99 Fragen")

Während die Antwortquote damit bei 85 Prozent lag, verteilten sich die Antworten so, dass 19 % zwischen 0 und 50 Punkten („eher ablehnend“) und 81% zwischen 50 und 100 Punkten („eher zustimmend“) vergeben wurden, genauer waren[970]

12%	total ablehnend	19% „eher ablehnend“
7 %	ablehnend bis neutral	
21 %	neutral bis zustimmend	81 % „eher zustimmend“
60 %	total zustimmend	

Demgegenüber ergibt sich unter Berücksichtigung des Anteils fehlender Angaben (NA) eine (leicht geänderte) prozentuale Verteilung der Punkte, die in dem nachstehenden Torten- bzw, Säulendiagramm anschaulich wiedergegeben ist.

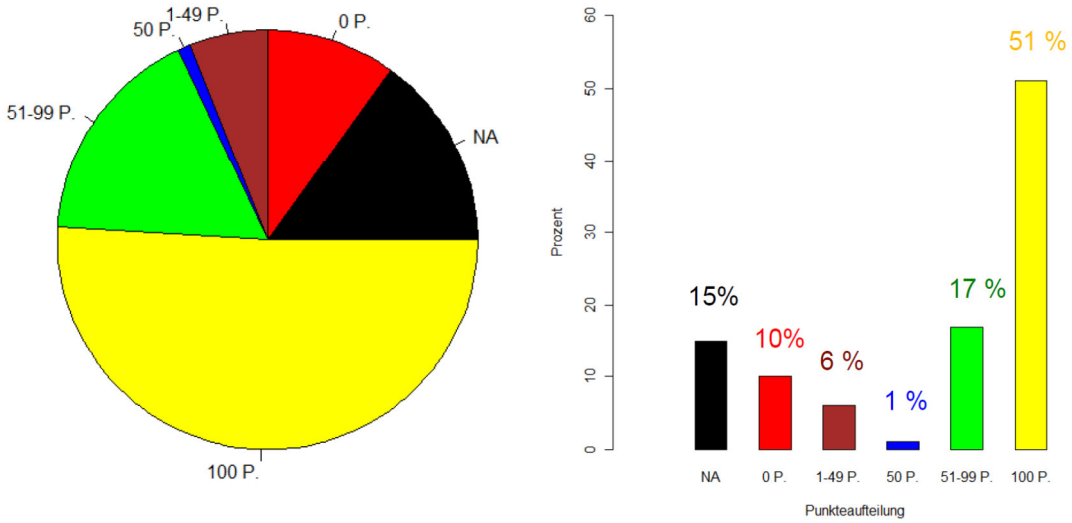


Abbildung 13: Punkteverteilung (Fragebogen-Rücklauf)

Um zu prüfen, ob unter den Untersuchungsteilnehmer möglicherweise „Ausreißer“ mit einer besonders geringen Zustimmung zu den Statements von „Q001 bis Q101“ sind, kann man verschiedene Parameter verwenden, zum Beispiel den Mittelwert der Punktezahlen (Zeilenmittelwerte in Tabelle 33)[971] . Alternative Parameter zum diesem „Mittelwert“ sind 1) die „gewichtete Punktsumme“, d.i. die Summe[972] aus dem Mittelwert der Punktezahlen und der „durchschnittlichen Quantilsumme“[973] sowie 2) das „Punktsummenverhältnis“, das sich den

970 Hier werden die ad hoc Bezeichnungen „total ablehnend“ (= 0 Punkte), „ablehnend bis neutral“ (zwischen 1 und 50 Punkten), „neutral bis zustimmend“ (zwischen 50 und 99 Punkten“) und „total zustimmend“ (= 100 Punkte) verwendet.

971 Dieser Vektor der Länge 55 wird nachstehend als „mean55“ abgekürzt.

972 Diese Summe ist ebenfalls ein Vektor der Länge 55 und wird mit „mean55+quantilsumme55“ abgekürzt.

973 Die „durchschnittliche Quantilsumme“ ist der Durchschnittswert des 5-Tupels, der dem Befehl fivenum( ) in der Programmiersprache R entspricht und dessen Komponenten aus den folgenden 5 Quantilen besteht: 0%-, 25%-, 50%-, 75%- und 100%-Quantil.

Punktsummen aller Fragen ergibt, denen mehr als 50 Punkte zugeordnet wurden[974], zu denen, denen weniger als 50 Punkte zugeordnet wurden.[975] Die 55 Ausprägungen der Parameter „Mittelwerte“ (mean55), „gewichtete Punktsumme“ (m+qs) und „Punktsummenverhältnis“ (c55.mp) ist in der Tabelle 35 wiedergegeben.

Nr	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
mean55	79.9	55.5	69.2	56.8	81.6	96.3	72.7	66.2	75.2	87.0	79.5
m+qs	80.7	56.0	69.8	57.3	82.3	97.1	73.4	66.8	75.9	87.7	80.3
c55.mp	0.25	0.78	0.35	0.75	0.14	0.04	0.26	0.52	0.23	0.07	0.26
Nr.	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**18**	**20**	**21**	**22**
mean55	87.1	84.0	70.6	70.2	64.1	71.1	91.2	77.7	64.0	45.9	68.0
m+qs	87.9	84.7	71.3	70.8	64.7	71.8	92.0	78.5	64.6	46.5	68.7
c55.mp	0.10	0.12	0.34	0.28	0.52	0.34	0.02	0.25	0.38	0.98	0.41
Nr	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**
mean55	79.1	79.7	79.5	71.7	88.4	79.1	83.5	77. 8	80.2	68.0	88.3
m+qs	79.9	80.4	80.3	72.4	89.2	79.9	84.3	78.5	81.0	68.6	89.0
c55.mp	0.21	0.19	0.23	0.28	0.05	0.14	0.17	0.23	0.18	0.44	0.01
Nr	**34**	**35**	**36**	**37**	**38**	**39**	**40**	**41**	**42**	**43**	**44**
mean55	87.3	80.2	71.6	89.1	79.4	86.7	82.1	68.6	96.8	62.5	68.7
m+qs	88.0	81.0	72.3	89.9	80.1	87.5	82.9	69.3	97.7	63.0	69.4
c55.mp	0.11	0.13	0.36	0.12	0.17	0.20	0.15	0.35	0.00	0.48	0.43
Nr	**45**	**46**	**47**	**48**	**49**	**50**	**51**	**52**	**53**	**54**	**55**
mean55	69.9	77.8	92.2	82.5	67.7	77.5	81.8	75.1	86.7	78.9	82.0
m+qs	70.7	78.5	93.1	83.2	68.3	78.3	82.6	75.8	87.4	79.7	82.8
c55.mp	0.31	0.24	0.00	0.16	0.40	0.20	0.12	0.29	0.10	0.15	0.16
mean55 = Mittelwerte, m+qs = „gewichtete Punktsumme“, c55.pm = „Punktsummenverhältnis“ für alle 55 Untersuchungsteilnehmer											

Tabelle 35: Parameter zur Ermittlung von „Ausreißern“ bei den Untersuchungsteilnehmern

In der Abbildung 14 sind die Ergebnisse von Tabelle 35 alle drei Parameter graphisch in einem zweidimensionalen Koordinatensystem dargestellt: Die Nummern (n) der Untersuchungsteilnehmer werden als Punkte der Ebene mit den von n abhängenden Koordinaten (x(n),y(n)) mit x=(m+qs)(n) und y=c55.mp(n) wiedergegeben.

974 Diese Punktsummen ergeben sich aus den sieben rechten Spalten in Tabelle 33 (unterhalb der Werte 60,67,70, 80,83,90 und100 im Spaltenkopf).

975 Diese Punktsummen ergeben sich aus den sieben linken Spalten in Tabelle 33 (unterhalb der Werte 0,10,17,20,30,33 und40 im Spaltenkopf).

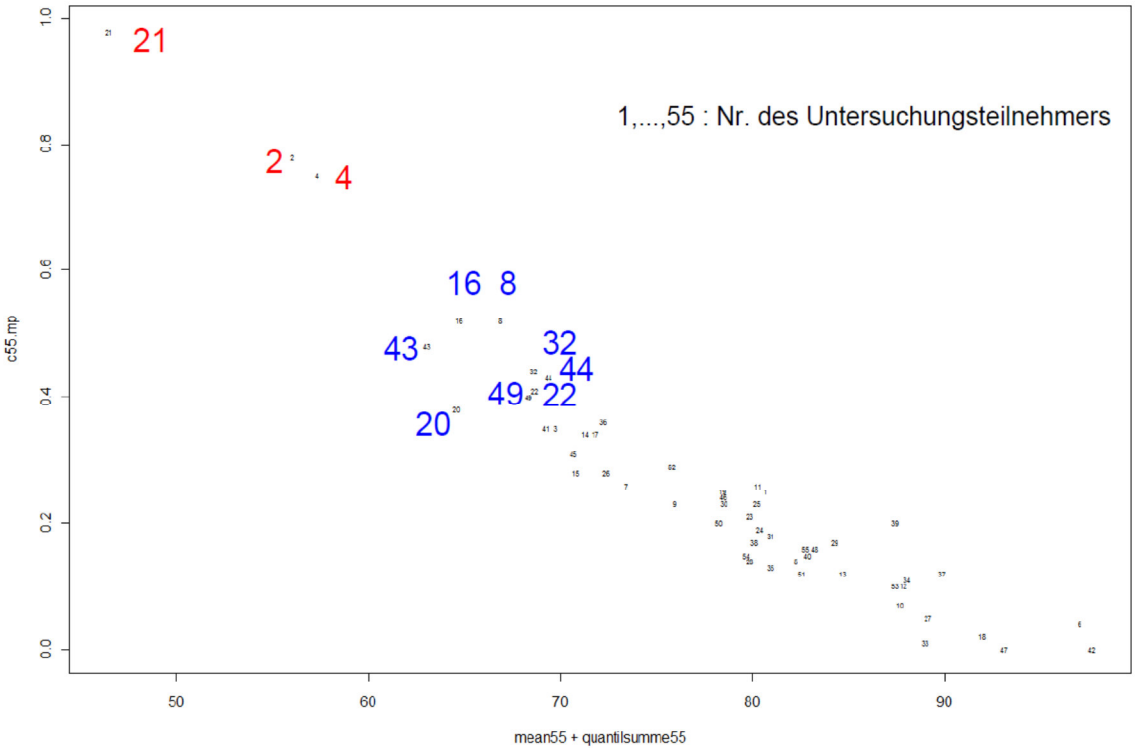


Abbildung 14: Bewertung der Untersuchungsteilnehmer (bzgl. Zustimmung und "Ausreißer")

Wie man an der Abbildung 14 deutlich sieht, gibt es drei „Ausreißer“ unter den Untersuchungsteilnehmern, deren Nummern (in roter Farbe) angegeben sind: Nr. 21, Nr. 2 und Nr. 4. Diese statistische Signifikanz sagt zunächst nichts über mögliche kausale Zusammenhänge aus. Tatsächlich liegen aber bei diesen drei als „Ausreißer“ identifizierten Untersuchungsteilnehmern im Vergleich zu den anderen beteiligten Personen Besonderheiten vor, die (dem Verfasser) schon vor der Untersuchung bekannt waren und kausale Zusammenhänge nahelegen. Aus datenschutzrechtlichen Erwägungen sollen die Besonderheiten der drei „Ausreißer“ nur angedeutet werden, um keine Rückschlüsse auf die Identität der Personen zu ermöglichen: In einem Fälle liegt keine unmittelbare berufliche Befassung mit dem Thema (der Harmonisierung von Maßnahmen im Notfallschutz) vor, in dem zweiten Fall handelt es sich um eine Person, die eine staatlichen Organisation repräsentiert, die schon im Vorfeld der Untersuchung eine „extrem abweichende“ Position vertreten hat, in dem dritten Fall liegt die Befassung mit dem Thema schon viele Jahre zurück und es ist davon auszugehen, dass Neuentwicklungen nicht weiter verfolgt oder möglicherweise nicht akzeptiert wurden.

Unabhängig von der graphischen Veranschaulichung (siehe Abbildung 14) kann man Ausreißertests durchführen. Diese sind jedoch konservativer, wie man den Ergebnissen entnimmt: Lediglich für den Untersuchungsteilnehmer Nr. 21 bestätigen der „robuste Ausreißertest von

Hampel“[976] sowie der „Ausreißertest von Grubbs“[977] die Ausreißer-Eigenschaft. Sachs[978] gibt „*robuste Grenzen für die Erkennung von Ausreißern auf der Grundlage der Quartile und der Quartilsdistanz*“[979] an, wobei Beobachtungen außerhalb bestimmter Intervallgrenzen als Ausreißer definiert werden und je nach Studientyp (konfirmatorisch, explorativ)[980] unterschiedliche Intervallbreiten[981] vorgegeben sind. Die Ergebnisse der Anwendung dieser Regel von Sachs zeigen[982]: Im vorliegenden Fall kann aus den Rückläufen geschlossen werden, dass – in Übereinstimmung mit der graphischen Veranschaulichung - die Untersuchungsteilnehmer U21, U2 und U4 als Ausreißer anzusehen sind.

Für die weitere Analyse kann man die Daten der drei Ausreißer entfernen und statistische Analysen mit den verbleibenden Werten durchführen. Dies ist der Grund, warum in Tabelle 24 zum Vergleich am Beispiel des o.g. Parameters Mittelwert der Punktezahlen (mean55) einerseits mit Berücksichtigung und andererseits ohne Berücksichtigung der Ausreißer U2, U4 und U21 Tests im Rahmen der nichtparametrischen Statistik durchgeführt wurden und geprüft wurde, ob signifikante Lageunterschiede zwischen den Gruppen existieren. Die Untersuchung aus den Rückläufen der Fragebögen, ob und inwieweit es bei der Beantwortung „gruppenspezifische

976 Sachs/Hedderich 2006: 344. Das *Kriterium von Hampel* für den Ausreißer xa ist durch eine Ungleichung unter Einbeziehung des *Medianwertes med(x)* und der *Mediandeviation mad(x)* gegeben: $| med(x) - xa | < 5.2 \cdot mad(x)$.

977 Sachs/Hedderich 2006: 345. Der Grubbs-Test “kann zur Identifikation von Ausreißern in normalverteilten Daten verwendet werden“ so dass ein „Test auf Normalverteilung dem Grubbs-Test vorangehen sollte“ (nach Sachs/Hedderich 2006: 345). Aufgrund der gegebenen Daten ist dieser Test wegen der Voraussetzung der Normalverteilung, streng genommen, nicht anwendbar.

978 Sachs/Hedderich 2006: 344

979 Nach Sachs/Hedderich liegen Ausreißer außerhalb des Intervalls mit der unteren Grenze $Q1 - k \cdot (Q3 - Q1)$ und der oberen Grenze $Q3 + k \cdot (Q3 - Q1)$, wobei Q1 das erste und Q3 das dritte Quartil sind sowie k ein Faktor, für den man den Wert k=1.5 bei explorativen Studien (wie im vorliegenden Fall) und k=3 bei konfirmativen Studien wählt (Sachs/Hedderich 2006: 344).

980 Es wird zwischen *konfirmativen Studien* („*beweisenden Studien*“), die zur Entscheidungsfindung geeignet sind, und *explorativen Studien* unterschieden. Letztere sind auf der Grundlage empirischer Daten als „*deskriptive Studien*“ zur beschreibenden Datenanalyse oder zur Modell- oder Hypothesengenerierung geeignet bzw. dienen dem Ziel der Vorbereitung von konfirmativen Studien. Einzelheiten zur „*explorativen quantitativen Datenanalyse*“ und deren Verfahren gibt Bortz/Döring 2006: 371–380. Bei *konfirmativen Studien* wird ein statistisches Modell als bekannt angenommen und überprüft bzw. ein Modell vorausgesetzt, dessen freie Parameter auf Grund von Stichprobendaten geschätzt werden. Die Methoden der konfirmativen Studie gehören zu dem Teilgebiet der „*konfirmativen Statistik*“, die nach Bamberg/Baur 2001: 133 ein Synonym für das Gebiet der „*Induktiven Statistik*“ (Bamberg/Baur 2001: 135–214) ist, bei dem von dem „*aus einer Stichprobe gewonnenen Daten Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit gezogen werden*“. In der vorliegenden Arbeit werden Methoden und statistische Verfahren aus beiden Studientypen (explorativ und konfirmativ) verwendet.

981 Entsprechend der Regel in Sachs/Hedderich 2006: 344 sind die Kriterien für Ausreißer bei dem Studientyp „explorativ“ so gewählt, dass für vorgegebene gleiche Daten die Intervalle für konfirmative Studien jeweils die Intervalle für explorative Studien umfassen.

982 Die Rechnungen bezogen auf die Kenngröße c55.mp und die Untersuchungsteilnehmer U21, U2 und U4 zeigen: die obere Grenze des Intervall beträgt 0.66 für k=1.5 („konfirmativ“) und 0.975 für k=3 („explorativ“), so dass der Untersuchungsteilnehmer U21 (wegen c55.mp[21]= 0.98) in konfirmativen Studien und die drei Untersuchungsteilnehmer U2, U4 und U21 in explorativen Studien als Ausreißer angesehen werden (wegen c55.mp[2]=0.78 und c55.mp[4]=0.75).

Einstellungen auf dem Gebiet der internationalen Harmonisierung des Notfallschutzes“ gibt,. wurde schon auf Seite 260 ff. (mit und ohne Berücksichtigung der Ausreißer) durchgeführt.

Die Werte der Funktion hpn64 liegen bei den Fragen „Q001 bis Q101“ entsprechend den Untersuchungsergebnissen in einem von acht[983] Intervallen der Länge 10, deren Mittelpunkte jeweils -15, -5, 5, 15, 25, 35, 45, 55 sind und die als acht „Zustimmungskategorien“ ZK1,ZK2,...,ZK8 interpretiert werden können. D.h. für alle Untersuchungsteilnehmer werden die Antworten zu jeder Frage Qj so bewertet, dass der Frage mittels hpn64(j), dessen Wert in einer der acht Intervalle liegt, genau die diesem Intervall entsprechende Zustimmungskategorie zugeordnet wird. Die Zuordnung

$$j \rightarrow ZKm \quad \text{für } hpn64(j) \in ZKm$$

ist in der nachfolgenden Abbildung 15 wiedergegeben.

Da die Werte der Koordinaten des Vektors hpn64 theoretisch die Werte -100 (“totale Ablehnung”) bis +100 (“totale Zustimmung”) annehmen können, gibt es eine überschneidungsfreie Überdeckungsmenge von 20 gleich langen Intervallen N10 = [-100; -90], N9 = (-90,-80], N8 = (-80, -70],…,N1=(-10,0] sowie P1=(0,10], P2=(10,20],.. …,P9=(08,90], P10=(90,100] der Länge 10. Im vorliegenden Fall ist hpn64(12)=-17.92 minimaler Wert und hpn64(9)= 51.72 maximaler Wert, so dass in Abbildung 15 die acht Intervalle N2,N1,P1, P2,..,P6 zur Überdeckung der Koordinatenwerte genügen, wie in Tabelle 36 angegeben.

Abbildung 15 zeigt in übersichtlicher Form auf der Basis des Rücklaufs des Fragebogens, inwieweit die mit den Fragen des „Questionnaire“ verbundenen Aussagen unter gewissen konservativen Annahmen[984] Akzeptanz finden.

983 Da die Werte der Koordinaten des Vektors hpn64 theoretisch die Werte -100 (“totale Ablehnung”) bis +100 (“totale Zustimmung”) annehmen können, gibt es eine überschneidungsfreie Überdeckungsmenge von 20 gleich langen Intervalle N10 = [-100; -90], N9 = (-90,-80], N8 = (-80, -70],…,N1=(-10,0] sowie P1=(0,10], P2=(10,20],.. …,P9=(08,90], P10=(90,100] der Länge 10. Im vorliegenden Fall ist hpn64(12)=-17.92 minimaler Wert und hpn64(9)= 51.72 maximaler Wert, so dass, wie in Tabelle 36 angegeben, die acht Intervalle N2,N1, P1, P2,..,P6 zur Überdeckung der Koordinatenwerte genügen, die den acht Zustimmungskategorien in Abbildung 15 entsprechen.

984 Die Konservativität der Annahmen steckt im Wesentlichen in der Aufteilung der Nichtangaben auf die Zustimmungen bzw. Ablehnungen, die in der Definition der Funktion hpn64 verwendet wurde.

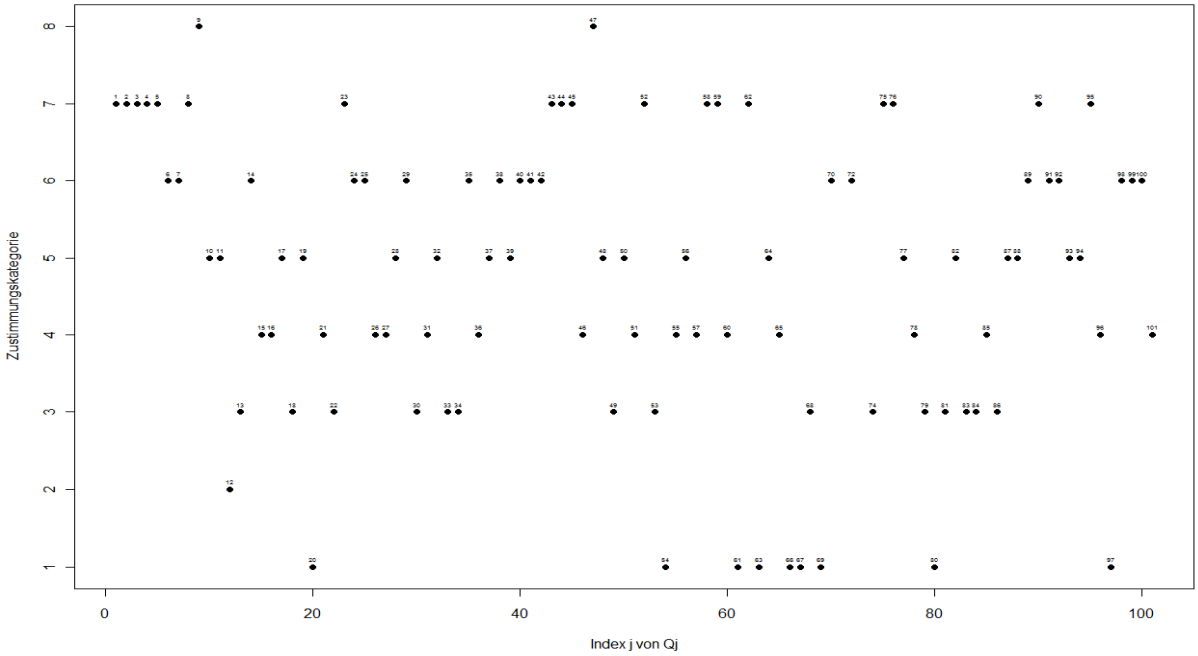


Abbildung 15: Zuordnung der Fragen zu den Zustimmungskategorien

Entsprechend verteilen sich die Fragen Qj (j=1,..,99) auf die acht Zustimmungskategorien wie folgt:

Zustimmungskategorie (ZK):	1	2	3	4	5	6	7	8
Intervall (der Länge 10)	N.2	N.1	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6
Intervallmitte	-15	-5	5	15	25	35	45	55
Anzahl	9	1	15	17	18	19	18	2

Tabelle 36: Zustimmungskategorien und ihre Merkmale

Die Fragen Qj sind inhaltlich verschiedenen Themenfeldern zugeordnet. Insbesondere lassen sich neun Themenfelder TF1,…,TF9 identifizieren, die 92 der 99 Fragen umfassen und in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben sind.

Themenfeld		Stichworte	Fragen ohne Q71,Q73
TF1	Aim and scope of harmonization	Aim of harmonization: Q1,...,Q4, Scope of harmonization in management;: Q5,…,Q11	Q1 bis Q11
TF2	Reference level	Reference level: Q12,…, Q18 ALARA: Q19,…, Q24	Q12 bis Q24
TF3	Intervention concept	Cross border intervention: Q25,...,Q27 Intervention concept: Q23,…,Q33 Level concept: Q34,...,Q37	Q25 bis Q37
TF4	Dose types	Protected, averted, residual dose: Q38,…,Q44	Q38 bis Q44
TF5	Sheltering	Reference level for sheltering: Q46,…,Q50	Q46 bis Q50
TF6	Evacuation	Reference level for evacuation: Q51,…,Q57	Q51 bis Q57
TF7	Thyroid blocking	Reference level for thyroid blocking: Q58,…,Q69	Q58 bis Q69
TF8	Late countermeasures	Levels for late countermeasures: Q70,…,Q84	Q70 bis Q84
TF9	Emergency workers	Reference levels for emergency workers: Q88,…,Q96	Q88 bis Q96

Tabelle 37: Themenfelder zu den Fragen Q1 bis Q96

Zudem ergänzt man die 9 Themenfelder um ein weiteres Themenfeld TF0, das alle bisher nicht zugeordneten Fragen (d.h. die Fragen 45,85,86,87,97,98,99,100,101) umfasst. Somit ergibt sich aus Abbildung 15 die in der Abbildung 16 dargestellte Aufteilung der Fragen „Q001 bis Q101“.

Die in der Abbildung 16 horizontal gestrichelte (rote) Niveaulinie stellt die Grenze zwischen den Fragen dar, die unter konservativen Annahmen „mehrheitlich Zustimmung“ (oberhalb) bzw. „mehrheitlich Ablehnung“ finden. Das „unspezifische“ Themenfeld TF0 liegt in dem grau markierten Bereich.

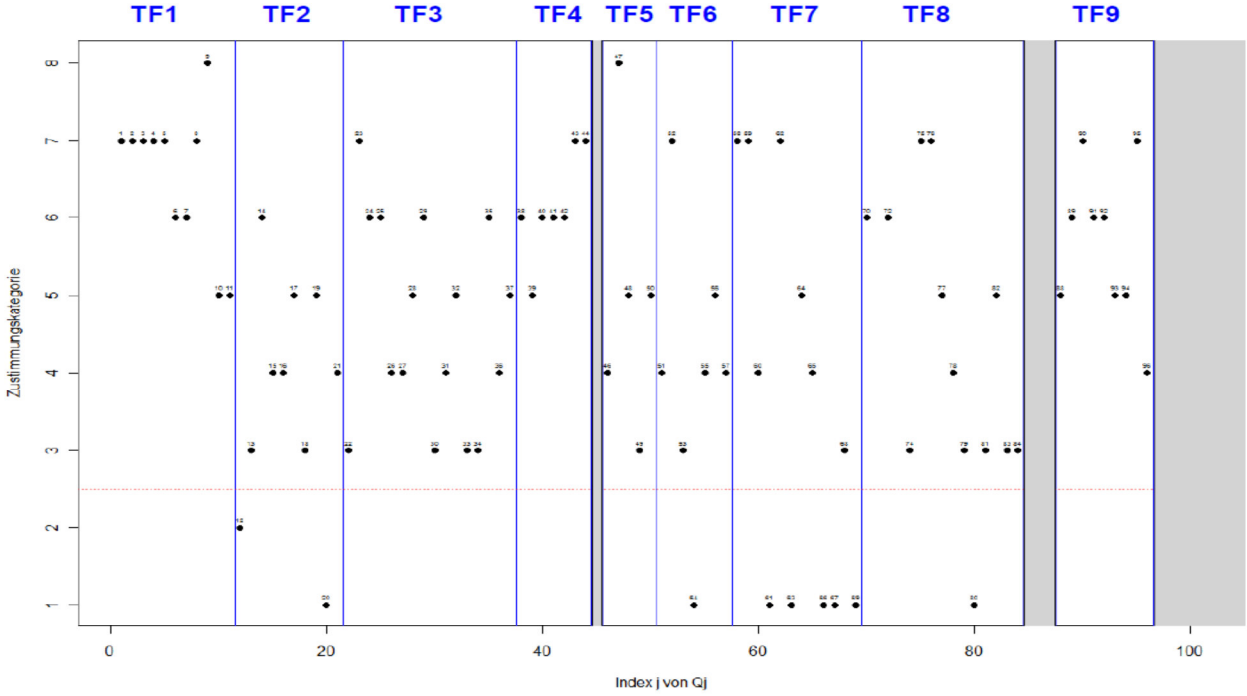


Abbildung 16: Zuordnung der Themenfelder zu den Zustimmungskategorien

Für die Frage, welche Akzeptanz die auf die Themenfelder bezogenen Aussagen finden, kann man als Anhaltspunkte die Mittelwerte bzw. Mediane der Zustimmungskategorien betrachten, die zu den jeweiligen auf die Themenfelder bezogenen Fragen gehören:

Parameter der Zustimmungskategorien	**Themenfeld**								
	TF1	**TF2**	**TF3**	**TF4**	**TF5**	**TF6**	**TF7**	**TF8**	**TF9**
- **Median**:	7	4	4	6	5	4	3.5	4	6
- **Mittelwert:**	6.55	4.08	4.46	6.14	5	4.14	3.92	4.38	5.67
- **Interquartilsabstand:**	1	2	1	0.5	1	1	3.5	3	1
Rang des Medians	*1*	*6.5*	*6.5*	*2.5*	*9*	*6.5*	*4*	*6.5*	*2.5*

Tabelle 38: Themenfelder und Parameter der Zustimmungskategorien

U.a. aus der nachstehenden Darstellung der Boxplots in Abbildung 17 ist ersichtlich, dass die Werte der Variablen „Zustimmungskategorie" nicht normalverteilt sind. Ein varianzanalytischer Mittelwertvergleich für die Themenfelder, die als Stichprobengruppen interpretiert werden können, ist wegen der fehlenden Normalverteilungsannahme aber nicht zulässig.[985] Jedoch können für den Test, ob sich die mit der Beantwortung des Fragebogens verbundenen themenfeldbezogenen Aussagen signifikant unterscheiden, „ranganalytische Vergleiche vom Typ des H-Tests"[986] durchgeführt werden. Als entsprechender parameterfreier Test geeignet ist der H-Test von Kruskal und Wallis für unabhängige Stichproben.[987]

985 Nach Bamberg/Baur 2001: 196 wird bei der *einfachen Varianzanalyse* vorausgesetzt, dass die Stichprobenvariablen der Stichproben Xj1,..,Xjnj *normalverteilt* sind mit einer Varianz, die unabhängig von der Nummer der Stichprobe j ist.

986 Sachs/Hedderich 2006: 427

987 Siehe Rasch et al. 2004b: 134–137, Sachs/Hedderich 2006: 442-449, Wollschläger 2010: 207-208, Duller 2008: 214–218, Bortz/Lienert 2003: 154–162. Nach Bortz/Lienert 2003: 154 entspricht der H-Test von Kruskal und Wallis als ein verteilungsfreies Verfahren „*weitgehend*" der parametrischen Varianzanalyse und er dient dazu, „*k unabhängige Stichproben […] hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz zu vergleichen*". Als Voraussetzung ist „*die Formgleichheit der Merkmalsverteilungen in den k Populationen bei Gültigkeit der Nullhypothese*" und bei Gültigkeit der Alternativhypothese ist „*davon auszugehen, dass sich mindestens 2 Medianwerte unterscheiden*" (Bortz/Lienert 2003: 155).

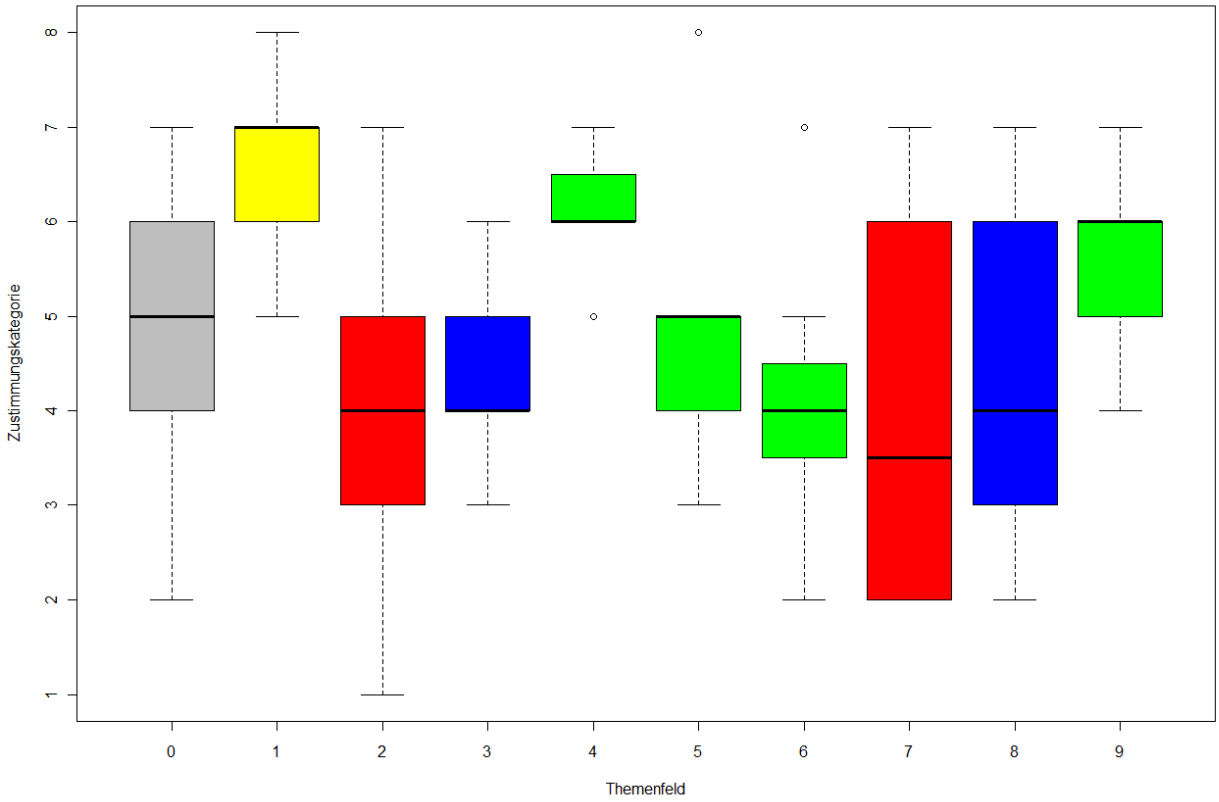


Abbildung 17: Boxplots (Zustimmungskategorien in Abhängigkeit von den Themenfeldern)

Führt man den Kruskal Wallis Test für die Gruppenunterschiede (d.h. Themenfelder) durch, so findet man signifikante Gruppenunterschiede, und der sehr kleine p-Wert[988] in Höhe von 0.0008957 spricht für die Alternativhypothese, die im Hinblick auf die Stichprobenverteilungen besagt, dass „zumindest zwei Verteilungen hinsichtlich der Lage unterschiedlich sind“.[989]

Ein multipler Vergleichstest nach Kruskal Wallis zeigt, dass nur das Themenfeld 1 auf dem 5%-Niveau zu zwei Themenfeldern (2,7), auf dem 10%-Niveau zu vier Themenfeldern (2,3,7,8) und auf dem 20%-Niveau zu fünf Themenfeldern (2,3,6,7,8) eine statistisch signifikante Differenz hat. Mit anderen Worten: Das Themenfeld „Aim and scope of harmonization“ ist (wie Tabelle 39 zeigt) auf dem 5% - Niveau signifikant stärker akzeptiert als die Themenfelder „Reference level” und “Thyroid blocking” und auf dem 10% - Niveau signifikant stärker akzeptiert als die Themenfelder „Reference level”, „Intervention concept”, “Thyroid blocking” und “Late countermeasures“.

988 Das Ergebnis in der Programmiersprache R lautet: `Kruskal-Wallis chi-squared = 26.4033, df = 8, p-value = 0.0008957`.
989 Duller 2008: 214

Multiple comparison test after Kruskal-Wallis				
p.value	TF-TF (Themenfelder)	obs.dif	critical.dif	difference
0.05	1-2	41.27972028	38.36935	TRUE
	1-7	43.23484848	39.09523	TRUE
0.10	1-2	41.27972028	35.99285	TRUE
	1-3	36.66433566	35.99285	TRUE
	1-7	43.23484848	36.67378	TRUE
	1-8	37.01048951	35.99285	TRUE
0.20	1-2	41.27972028	33.47424	TRUE
	1-3	36.66433566	33.47424	TRUE
	1-6	41.31818182	39.50608	TRUE
	1-7	43.23484848	34.10751	TRUE
	1-8	37.01048951	33.47424	TRUE

Tabelle 39: Themenfelder (Mehrfachvergleichstest nach Kruskal-Wallis)

14.5 Auswertung strategischer Aspekte im Notfallschutz (Fragen Q102 ff)

Am Ende des Fragebogens („Questionnaire“) wurde nach den Prioritäten für bestimmte Kombinationen von Schlüsselthemen (Frage Q102) und nach der Rangfolge bestimmter Bereiche (Frage Q103) des Notfallschutzes sowie nach der Rangfolge der Aufgaben im Notfallmanagement gefragt (Frage Q104), über die ein internationaler Austausch von „best practice“- Beispielen erfolgen soll.

14.5.1 Zur Priorität von Themen im Notfallschutz

In der Frage Q102 wurden die Untersuchungsteilnehmer nach Prioritäten im nuklearen Notfallschutz gefragt. Um die Themen einzugrenzen, wurden zur Bewertung sechs Zweierkombinationen von Schlüsselthemen (key issues) vorgegeben. Diese setzen sich aus den drei Unfallphasen (emergency phases) bezogenen „planning stage“, „early phase“, „intermediate and late phase“ einerseits und aus den zwei beiden Vorgehensweisen „national solution“ bzw. „international solution“ zusammen. Jedem Untersuchungsteilnehmer wurde freigestellt, diese Zweierkombinationen mit den Zahlen 1 (höchste Priorität) bis 6 (niedrigste Priorität) zu bewerten. Es wurden von den 55 Untersuchungsteilnehmern in 259 von 330 Fällen Bewertungen vorgenommen und die Prioritäten von 1 bis 6 entsprechend der nachfolgenden Tabelle unterschiedlich oft vergeben:

Q102: Verteilung der Prioritäten (Teil1) 1 = höchste Priorität, … , 6 = niedrigste Priorität, NA = Nichtangaben							
Priorität	1	2	3	4	5	6	NA
Anzahl	71	57	40	42	34	35	51

Tabelle 40: Verteilung der Prioritäten (Frage Q102) – Teil 1

Den Alternativen A,B,C,D,E und F wurden unterschiedlich häufig die Prioritäten 1 bis 6 zugeordnet, entsprechend der nachstehenden Tabelle 41 bzw. Grafik in Abbildung 18.

Q102: Verteilung der Prioritäten (Teil 2) 1 = höchste Priorität, … , 6 = niedrigste Priorität							
Priorität	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**Summe**
Alternative A:	22	6	7	7	1	3	46
Alternative B:	14	10	10	8	3	1	46
Alternative C:	20	11	5	5	3	2	46
Alternative D:	8	18	4	14	3	0	47
Alternative E:	4	6	7	4	15	11	47
Alternative F:	3	6	7	4	9	18	47

Tabelle 41: Verteilung der Prioritäten (Frage Q102) – Teil 2

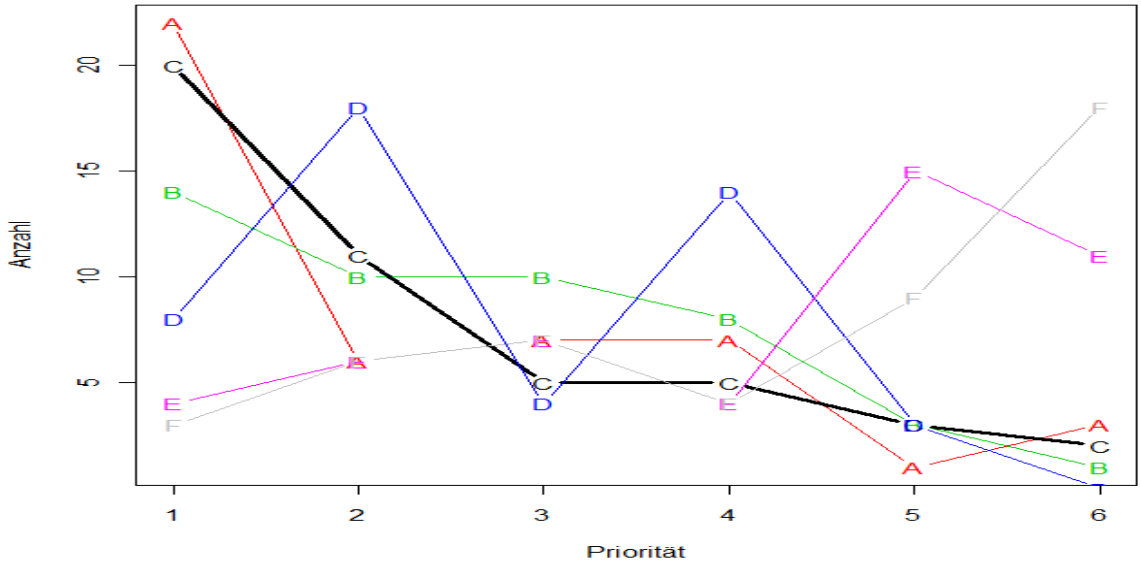


Abbildung 18: Verteilung der Prioritäten bzgl. der Alternativen (Frage Q103)

Ordnet man die von den Untersuchungsteilnehmern vergebenen Prioritäten bzw. die daraus in kanonischer Weise abgeleiteten Punkte[990] den vorgegebenen Alternativen A bis F zu, erhält man die in der nachstehenden Tabelle wiedergegebenen Prioritäten- bzw. Punktmittelwerte. Daraus ergibt sich als Präferenzliste aller Untersuchungsteilnehmer die Rangfolge CABDEF und somit die Kombination C „resonse and crisis management in the early phase“ and „national solution“ als die Alternative mit der höchsten Priorität.

990 Die Mittelwertbildung setzt voraus, dass die Ausprägungen des Merkmals „Prioritäten“ metrische äquidistante Daten sind. Betrachtet man die Prioritäten als Zahlenwerte p, so werden diese per Definition in umgekehrter Reihenfolge den Punkten x zu geordnet: x:=7-p. Die durchgeführten Berechnungen zu *Mittelwerten, Rängen und Conjoint Measurement* entsprechen der Methodik von Bortz/Döring 2006: 120–121.

Q102: Gruppenwahl der Alternativen („*combinations*“)						
Alternativen	A	B	C	D	E	F
Mittelwerte (Prioritäten) MW1	2.30	2.54	2.26	2.70	4.13	4.36
Mittelwerte (Punkte) MW2	4.70	4.46	4.74	4.30	2.87	2.64
Rang	**2**	**3**	**1**	**4**	**5**	**6**

Tabelle 42: Gruppenwahl der Alternativen (Frage Q102)

Die Bewertung der Alternative C als höchste Priorität bezieht sich auf eine ganzheitliche Kombination zweier Merkmale „Notfallschutzphasen“ (emergency phases) und „Internationalität“ (internationality).

Will man innerhalb der genannten Kombination eine Gewichtung der beiden Merkmale ermitteln, verwendet man ein Conjoint Measurement (Verbundforschung) genanntes Verfahren der multivariaten Datenanalyse: „*Die Grundidee des Conjoint Measurements besteht darin, aus Gesamtnutzenurteilen bezüglich alternativer Objekte auf die relative Bedeutung (=Gewichtung) einzelner Merkmale der Objekte zu schließen*“.[991] Nach Bortz[992] lassen sich im Sinne des Conjoint Measurement die Nutzenwerte der Ausprägungen „response and crisis management in the early phase“ bzw. „international solution“ ermitteln und die Ergebnisse der Rechnung[993] in zweifacher Hinsicht interpretieren: erstens besitzt nach Ansicht der Untersuchungsteilnehmer die Alternative C die höchste Priorität und somit sollten die Schwerpunkte auf "response and crisis management in the early phase“ und "national solution" liegen und zweitens zeigt ein Vergleich dieser beiden Schwerpunkte, dass das Merkmal "response and crisis management in the early phase“ für ca. sechsmal so wichtig gehalten wird wie eine nationale autonome Lösung ("national solution").

Bei der Frage Q104 handelt es sich um die Abstimmung von Alternativen durch eine Gruppe. Insoweit kann man z.B. die Abstimmungsregel für die "Wahl durch Rangordnung nach dem System Cusanus/Borda“ verwenden, um die Präferenzordnung der Gruppe zu bestimmen.[994] Die

991 Berndt 1996: 239 ff., zitiert nach Vollerthun 2001: 124

992 nach Bortz/Döring 2006: 118–121

993 In dem R-Programm, mit dem „merkmalsspezifische Teilnutzenwerte“ $\alpha = (\alpha 1, \alpha 2, \alpha 3)$, $\beta = (\beta 1, \beta 2)$ und daraus transformierte Werte α^*, β^* bzw. $\alpha\hat{}$, $\beta\hat{}$ entsprechend den Formeln in Bortz/Döring 2006: 120–121ermittelt werden.
Mit den Bezeichnungen α^ = `alpha102.da` und β^ = `beta102.da` ergibt eine dem Beispiel in Bortz/Döring 2006: 120–121 folgende Rechnung der Nutzenwerte die beiden Gleichungen, die zu der am besten bewerteten Alternative C gehören:
`alpha102.da[1]+beta102.da[1]= 0.8574785+ 0.1425215 = 1` und
`alpha102.da[1]/beta102.da[1]=0.8574785/0.1425215=6.016484` ,

994 Die Wahlsysteme, z.B. von Borda (1770) und von Condorcet (1785), gibt es in der Literatur in verschiedenen Varianten. Im Folgenden wird das Wahlsystem von Cusanus/Borda verwendet, wie es in Hägele/Pukelsheim 2004: 103–144 beschrieben ist: Der Wähler priorisiert auf seinem Stimmzettel die vorgegebenen m Alternativen in absteigender Rangfolge: $A_{(1)},..,A_{(m)}$. Die Gewichtung der Alternativen erfolgt nach dem Borda-Kriterium borda(a,b) so, dass $A_{(m)}$ a Rangpunkte, $A_{(m-1)}$ a+b Rangpunkte, $A_{(m-2)}$ a+2b Rangpunkte,… $A_{(1)}$ a+(m-1)

Berechnung mit dem Borda - Kriterium borda(a,b) mit (a,b)=(0,1) ergibt die folgende Rangfolge der Gruppe aller Untersuchungsteilnehmer:

Q102: Wahl durch Rangordnung nach dem Borda-Kriterium borda(0,1)						
Alternative A_k:	A	B	C	D	E	F
Summe der Rangpunkte S_k:	170	159	172	155	88	77
Rangfolge der Gruppe:	**2**	**3**	**1**	**4**	**5**	**6**

Tabelle 43: Wahl durch Rangordnung nach dem Sytem Cusanus/Borda (Frage Q102)

Im vorliegenden Fall stimmen die o.a. über Mittelwerte bestimmte Rangfolge der „Präferenzliste aller Untersuchungsteilnehmer“ und die nach dem Wahlsystem von Cusanus/Borda berechnete „Rangfolge der Gruppe“ die Rangfolge CABDEF überein.[995]

Leicht veränderte Ergebnisse bekommt man bei Frage Q102, wenn als Eingabedaten nicht die von den Untersuchungsteilnehmern angegeben individuellen Prioritäten sondern ihre zugehörigen Rangzahlen betrachtet werden.[996] Bildet man entsprechend W1 und W2 die Mittelwerte $W1^*$ und $W2^*$ so erhält man an Stelle des o.a. 6-Tupels W2= (4.70, 4.46, 4.74, 4.30, 2.87, 2.64) das 6-Tupel $W2^*$= (4.37, 4.03, 4.48, 3.83, 2.38, 2.10) für die Punktzahlen. Das heißt aber: die Präferenzliste aller Untersuchungsteilnehmer bleibt mit der Rangfolge CABDEF unverändert und die Kombination C „response and crisis management in the early phase“ and „national solution“ ist weiterhin die Alternative mit der höchsten Priorität. Dagegen ergibt das Conjoint Measurement, wie in diesem Kapitel gezeigt, eine etwas geänderte Gewichtung der beiden Schwerpunkte "response and crisis management in the early phase“ und "national solution": das Merkmal

---

Rangpunkte erhält. Zur Endauswertung werden schließlich für jede Alternative A_k deren Rangpunkte auf den Stimmzetteln zu einer Summe S_k addiert. Die Alternative mit maximalem S_k ist der „Gewinner“ und die Größen der S_k (für k=1,..,m) bestimmen entsprechend die Rangfolge der Alternativen der Gruppe. Das hier wiedergegebene Wahlsystem entspricht dem „*System Borda*“ in Hägele/Pukelsheim 2004: 103–144. Das „*Borda-Kriterium*“ nach Laux 1998: 420 entspricht dem Spezialfall borda(1,1). Die Wahlsysteme borda(0,1) und borda(1,1) führen in Bezug auf die Rangfolge der Alternativen der Gruppe zu demselben Ergebnis. Der Vorteil von borda(0,1) ist aus Sicht von Hägele Pukelsheim die leichtere Interpretierbarkeit: da „*die Rangsumme […] [einer Alternative] durch die Summe der Stimmen bestimmt wird, die […] [die Alternative] im Verlauf eines vollständigen Durchlaufs durch alle paarweisen Vergleiche auf sich vereinigen würde*“ (Hägele/Pukelsheim 2004: 133).

995 Streng genommen sind nach dem System Cusanus/Borda keine Nichtangaben vorgesehen. Würde man deshalb aus den Rückläufen die beiden „unvollständige Stimmzettel“ unberücksichtigt lassen, käme man für die Reihenfolge ABCDEF auf die Summe der Rangfolgen (167,154,167,147,84,73), d.h. die Rangfolge CABDEF der Gruppe bleibt bzgl. BDEF gleich während unter den beiden erstplazierten Alternativen C und A jetzt eine „Pattsituation“ existiert. Offensichtlich hängt allgemein das Gruppen-Ergebnis nicht allein von den Präferenzen einzelner Untersuchungsteilnehmer sondern auch von dem festgelegten Abstimmungssystem ab: nach der „relative Mehrheitswahl“ wäre unter den Rückläufen Alternative A die ranghöchste Alternative der Gruppe (der 22-mal Rang 1 zugeordnet wurde, wobei alle Stimmzettel vollständig d.h. „gültig“ waren).

996 Zum Beispiel ergibt ergeben die individuellen Prioritäten (6, 4, 6, 4, 2, 2) des Untersuchungsteilnehmers U_i für die Alternativen ABCDE die Rangzahlen (5.5, 3.5, 5.5, 3.5, 1.5, 1.5).

"response and crisis management in the early phase“ wird für ca. sechsmal so wichtig gehalten wie eine nationale autonome Lösung ("national solution").

14.5.2 Zur Rangfolge von Bereichen des Notfallschutzes (Notfallschutzplanung)

Mit der Frage Q103 wurden die Untersuchungsteilnehmer um die Priorisierung der nachstehenden vier Bestandteile nuklearer Notfallschutzplanung gebeten.

	Elements of nuclear preparedness		
	Bezeichnung		Deutsches Regelwerk
A	Alert Criteria / Alarmierungskriterien	criteria for the alerting of the disaster response authority by the operators of nuclear facilities	Kriterien für die Alarmierung der Katastrophenschutzbehörde durch die Betreiber kerntechnischer Einrichtungen (Alarmierungskriterien) Gemeinsame Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und der Reaktor-Sicherheitskommission, 1994, revidiert 2003, (BAnz 2004, Nr. 89)
B	Basic Recommendations / Rahmenempfehlungen	basic recommendations for disaster control in the vicinity of nuclear facilities	Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen vom 27. Oktober 2008 (GMBl. 2008, Nr. 62/63, S. 1278)
C	Radiological Fundamentals / Radiologische Grundlagen	radiological fundamentals for decisions on measures for the protection of the population against accidental releases of radionuclides	Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden vom 27. Oktober 2008
D	Catalogues of Countermeasures / Maßnahmenkatalog	survey of measures to reduce radiation exposures following events with not insignificant radiological consequences	Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Maßnahmenkatalog), Band 1 und 2 herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Oktober 1999 Teil 3: Behandlung und Entsorgung kontaminierter landwirtschaftlicher Produkte verabschiedet auf der 200. Sitzung der SSK am 30.06./01.07.2005

Tabelle 44: Bestandteile nuklearer Notfallschutzplanung

Die individuellen Prioritäten[997] für die Alternativen ABCD (in dieser Reihenfolge) aus den Rückläufen von 52 Untersuchungsteilnehmern lauten:

Präferenzordnungen der Untersuchungsteilnehmer für die Alternativen ABCD
1111, 1111, 1112, 1112, 1212, 1214, 1234, 1234, 1312, 1324, 1324, 1324, 1324, 1342, 1342, 1423, 2112, 2134, 2134, 2134, 2143, 2314, 3124, 3124, 3124, 3213, 3214, 3214, 3214, 3214, 3214, 3214, 3214, 3422, 4123, 4134, 4213, 4213, 4213, 4213, 4312, 4312, 4312, 4312, 4312, 4312

Tabelle 45: Präferenzordnungen für die Alternativen ABCD (Frage Q103)

997 Es werden nur „Wahlzettel“ ohne Nichtangaben betrachtet, d.h. nur „Wähler, die 4 Stimmen abgegeben haben“. Die für die Präferenzordnung der Untersuchungsteilnehmer verwendete Schreibweise z.B. „2314“ lautet „A hat Rang 2, B Rang 3, C Rang 1, D Rang 4“.

Damit ergibt sich[998] nach dem Wahlsystem von Cusanus/Borda die Gruppenpräferenz „A C B D":

Q103: Verteilung der Prioritäten und Borda-Wahl „borda(0,1)“ 1 = höchste Priorität, … , 4 = niedrigste Priorität						
Priorität	**1**	**2**	**3**	**4**	**Borda-Summe**	**Rang**
Alternative A:	16	6	12	12	108	**1**
Alternative B:	16	16	14	2	60	**3**
Alternative C:	28	10	6	3	70	**2**
Alternative D:	3	15	8	22	43	**4**

Tabelle 46: Prioritäten-Verteilung und Borda-Wahl (Frage Q 103)

Es gilt also die Rangfolge der Gruppe nach der Borda Wahl:

1) „Alert criteria / Alarmierung“ .
2) „Radiological Fundamentals / Radiologische Grundlagen“
3) „Basic Recommendations / Rahmenempfehlungen“
4) „Catalogues of Countermeasures / Maßnahmenkatalog“.

Betrachtet man das Wahlsystem von Condorcet/Llull[999] , so “*konzentriert man sich auf paarweise Vergleiche”* und *“schaut nur auf Sieg oder Niederlage*”.[1000]

Condorcet-Vergleiche	A	B	C	D
A	*	A<B: 14	A<C: 13	A<D: 29
B	B<A: 28	*	B<C: 13	B<D: 32
C	C<A: 26	C<B: 28	*	C<D: 40
D	D<A: 12	D<B: 11	D<C: 3	*
A : B	wegen 28 -14 = 14 ist A > B („A siegt über B“)			
A : C	wegen 26 - 13 = 13 ist A > C („A siegt über C“)			
A : D	wegen 29 - 12 = 17 ist A < D (“D siegt über A”)			
B : C	wegen 28 - 13 = 15 ist B > C (“B siegt über C”)			
B : D	wegen 32 - 11 = 21 ist B < D („D siegt über B“)			
C : D	wegen 40 - 3 = 37 ist C < D („D siegt über C“)			

Tabelle 47: Condorcet- Vergleiche (Frage Q103)

Es gilt C < D, C < B, C < A , d.h. C ist Condorcet – Verlierer.[1001] Darüber hinaus gilt: D > A, D > B, D > C , d.h. D ist Condorcet- Gewinner.[1002]

998 Zum Wahlsystem von Cusanus/Borda siehe Fußnote 994.
999 Zum Wahlsystem von Condorcet/LLull siehe Fußnote 994.
1000 Hägele/Pukelsheim 2004: 103–144. In den Berechnungen für das Wahlsystem von Cusanus/Borda werden bei den paarweisen Vergleichen um „Sieg oder Niederlage“ etwaige Ranggleichheiten nicht berücksichtigt, im vorliegenden Fall also bleiben unberücksichtigt: A=B: 4 , A=C: 7 , A=D: 5 , B=C: 5 , B=D: 3 , C=D: 3
1001 “Condorcet-Verlierer” siehe Hagenhoff 2008: 281 bzw. „Condorcet looser“ siehe Bouyssou et al. 2000: 15
1002 “Condorcet-Gewinner” siehe Hägele/Pukelsheim 2004: 103–144

Zudem gilt wegen A > B dann insgesamt nach dem Wahlsystem von Condorcet/Llull für die Gruppe die Rangordnung: D > A > B > C. Dagegen besteht nach der Borda Wahl für die Gruppe mit A > C > B > D eine andere Rangordnung:

Alternative		Wahlsystem	
		Cusanus/Borda	Condorcet/Llull
A	„Alert criteria / Alarmierung“	Rang 1	Rang 2
B	„Basic Recommendations / Rahmenempfehlungen“	Rang 3	Rang 3
C	„Radiological Fundamentals / Radiologische Grundlagen“	Rang 2	Rang 4
D	„Catalogues of Countermeasures / Maßnahmenkatalog“.	Rang 4	Rang 1

Tabelle 48: Wahlergebnisse nach Cusanus/Borda bzw. Condocet/Llull (Frage Q 103)

Man kann aus folgenden Gründen bei der Befragung davon ausgehen, dass die Untersuchungsteilnehmer ihre tatsächlichen Präferenzen wiedergegeben haben und nicht „strategisch abgestimmt“[1003] haben:

1) die Bitte im Fragebogen, eine vollständige individuelle Präferenzordnung für die vier Alternativen bei Frage Q103 anzugeben,
2) die fehlende Kenntnis der Untersuchungsteilnehmer über das zur Anwendung kommende Wahlsystem sowie
3) die Schwierigkeit der Untersuchungsteilnehmer, ihr strategisches Verhalten mit den anderen Untersuchungsteilnehmern abzustimmen, Koalitionen zu bilden oder den „*Informationsprozess in der Gruppe (aus eigener Sicht) günstig zu beeinflussen*“.[1004].

Der Rücklauf zu Q103 zeigt, dass die Rangfolge der Gruppe der Untersuchungsteilnehmer nicht allein von den individuellen Präferenzen sondern ganz wesentlich von dem verwendeten Wahlsystem abhängt. Insofern gehört zu den Entscheidungsprozessen in Gruppen bei der Frage der internationalen Harmonisierung im nuklearen und radiologischen Notfallschutz ein Konsens aller Beteiligten über das Wahlsystem einschließlich der Abstimmungsregeln.

Grundsätzlich besteht bei Gruppenentscheidungen das Problem der Aggregation individueller Präferenzen. D.h. auf welches Verfahren zur Herbeiführung der Gruppenentscheidung aus den individuellen Entscheidungen man sich auch immer einigt: es gibt nach dem

1003 Entsprechend Laux 1998: 422 wird unter „strategischem Verhalten“ das „Abweichen von der eigentlichen Präferenzordnung mit dem Ziel, die Wahl einer ´besseren´ Alternative durchzusetzen“ verstanden. Wenn also ein Untersuchungsteilnehmer („Mitglied“) sich „bei der Abstimmung so verhält, „als hätte es eine andere Präferenzordnung“, so „kann das zur Auswahl einer Alternative führen, die in seiner eigentlichen Präferenzordnung einen höheren Rang einnimmt.“

1004 vgl. Laux 1998: 407

Unmöglichkeitstheorem[1005] von Arrow (1951) keine Abstimmungsregel bzw. „*Aggregationsmechanismus, der bestimmten, für Gruppenentscheidungen sinnvollen Anforderungen genügt*“. Eine „*allgemeingültige Empfehlung, welche Abstimmungsregel angewandt werden sollte, kann aufgrund des Ergebnisses von Arrow nicht gegeben werden*“.[1006]

Um allgemein ein international gemeinsames abgestimmtes Vorgehen im Notfallschutz und speziell eine gemeinsame Festlegung von Grenzwerten im Notfallschutz erreichen zu können, müssen Verhandlungen[1007] zwischen den beteiligten zuständigen nationalen Stellen („competent authorities“) stattfinden. Dies setzt u.a. den Willen, „*überhaupt in Verhandlungen einzutreten*“, sowie den „*Besitz von Verhandlungsmacht*“ voraus.[1008] Zudem hängen die Durchführung der getroffenen Vereinbarungen und die „Dauerhaftigkeit der Ergebnisse“ nicht zuletzt von einem Ausgleich der Interessen betroffener Stakeholder und von der Akzeptanz der Gesellschaft in den betroffenen Ländern ab. Inwieweit geeignete Wahl- und Entscheidungsregeln geeignet sind, hängt von dem Grundkonsens in dem Gremium ab, das verhandelt. Nach Pfetsch[1009] gilt: je „*größer der Grundkonsens*“ desto eher gilt das Prinzip der Mehrheitsentscheidung und je „*heterogener das Gremium umso größer ist der Zwang zur (verdeckten) Einstimmigkeit*“. Das Mehrheitsprinzip setzt also “*einen höheren Grad an Grundkonsens voraus als z.B. das Einstimmigkeitsprinzip, weil die Minderheit sich freiwillig der Mehrheit beugen muss; beim Einstimmigkeitsprinzip kann jeder einzelne eine Vetoposition behalten und muss nicht bereit sein, überstimmt zu werden oder eine gegenläufige Meinung zu akzeptieren. Das Nicht-akzeptieren-Wollen von Mehrheits-entscheidungen ist zugleich Ausdruck von divergierenden Interessen*“.[1010]

14.5.3 Zur Rangfolge von Bereichen des Notfallschutzes (Notfallschutzmanagement)

Mit der Frage Q104 wurden die Untersuchungsteilnehmer nach der Rangfolge von Elementen im Notfallmanagement gefragt, über die im Rahmen von „best practice“-Beispielen ein internationaler Informationsaustausch stattfinden sollte. Nachstehend sind die 11 Alternativen mit

1005 Arrow 1978. Die vier (sinnvollen) Anforderungen, die auf Arrow (1951) zurückgehen, sind “*uneingeschränkter Definitionsbereich*“, „*Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen*“, „*Pareto-Bedingung*“ und „*Diktaturverbot*“, siehe Rommelfanger/Eickemeier 2002: 198–199, Eisenführ/Weber 1999: 341–343 und Laux 1998: 448.

1006 Eisenführ/Weber 1999: 335

1007 Nach Pfetsch 2006: 20 ist Verhandlung definiert als „ein sozialer Prozess, in dem zwei oder mehrere Parteien über eine gewisse Zeit interagieren bei der Suche nach einer akzeptablen Position für ihre Differenzen in Bezug auf ein und denselben Sachgegenstand“.

1008 Pfetsch 2006: 21

1009 Pfetsch 2006: 107

1010 Pfetsch 2006: 107-108

den zugehörigen Elementen des Notfallschutzes sowie deren Rangsummen und die dadurch gegebene Rangfolge wiedergegeben:

No.	Elements of nuclear emergency management
A	"Basic concepts in radiation protection and emergency preparedness and response" (including action levels)
B	"Scenarios of nuclear and radiological emergencies" (for exercises)
C	"Transfer processes to environment (exposure pathways, atmospheric dispersion and deposition, transfer to food chain and man)"
D	"International recommendations, safety guides, etc. on protection of people in emergency exposure situations"
E	"(national) emergency organisation and emergency plans"
F	"International and multilateral projects on nuclear emergency issues and their outcomes" (e.g. IAEA projects, EC pojects, contributions for action plans of international organizations)
G	"Concepts on countermeasures and practical aspects in the early phase of an accident"
H	"Decision support systems" (e.g. RODOS) and other computer codes for off-site emergency management (e.g. a web based "Electronic Situation Display" as a national platform for information exchange between disaster control authorities)
I	"Monitoring and data management for nuclear emergencies in the early phase and the later phase"
J	"Management in the later phase of an emergency" (food production, inhabited areas, recovery planning)
K	"Risk communication and public communication in emergency situations
otherwise:	
"no answer"	

Abbildung 19: Alternative Antwortmöglichkeiten zu Frage Q104)

Q104	Alternative										
Alternative:	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**	**I**	**J**	**K**
Rangsumme:	193	322	286	212	272	252	204	230	243	315	198
Rangfolge:	**11**	**1**	**3**	**8**	**4**	**5**	**9**	**7**	**6**	**2**	**10**

Tabelle 49: Rangfolge der Alternativen (Frage Q104)

Mit dem Kruskal-Wallis Rangsummentest,[1011] dessen p-Wert = 0.4405 ist, lässt sich die Nullhypothese, dass die 11 Stichproben aus derselben Grundgesamtheit stammen, nicht ablehnen. Daher existieren Unterschiede in den Medianwerten zwischen den elf Alternativen, die jedoch (wegen der großen Streuung der Stichprobenwerte) nicht statistisch signifikant sind. Die nachstehende Abbildung gibt die Boxplots für die Alternativen wieder.

1011 Die Berechnung nach „Kruskal-Wallis" erfolgte mit einem R-Programm (Parameter bzw. Ergebnis: chi-squared = 10, df = 10, p-value = 0.4405).

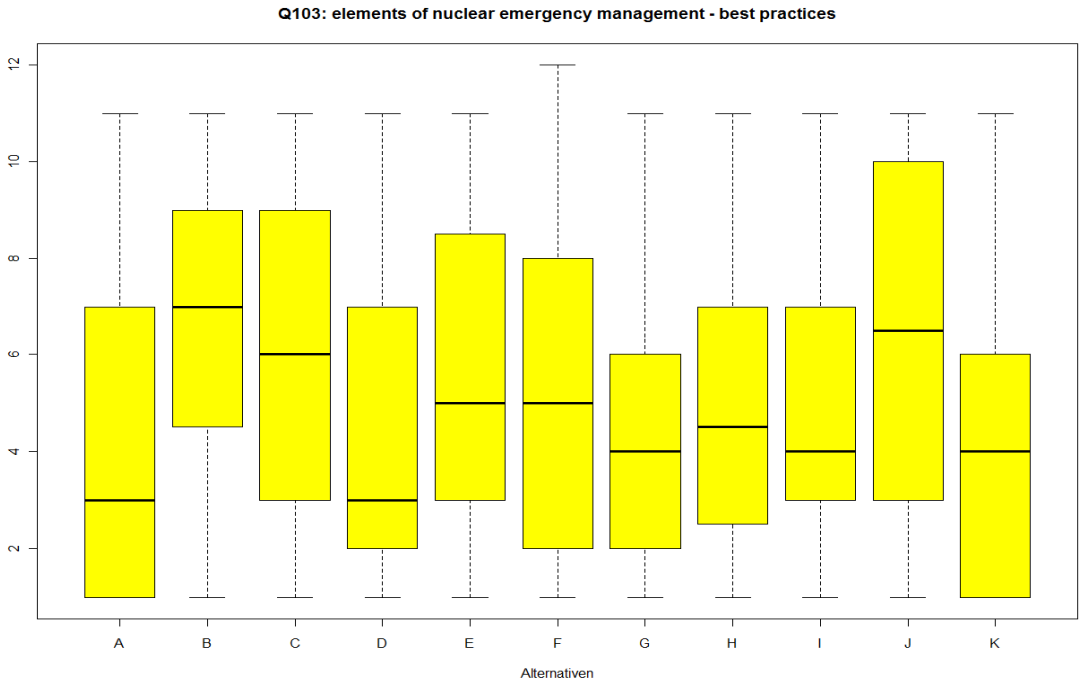


Abbildung 20: Boxplots für die Alternativen zu Frage Q103)

15. D: Tabellen von Eingreifrichtwerten

15.1 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch EPAL(2008)

Die Daten (und deren Quellen) sind in folgenden Tabellen enthalten

EPAL1: Eingreifrichtwerte für Evakuierung (Evacuation for Population)
EPAL2: Eingreifrichtwerte für Verbleiben in Gebäuden (Sheltering for Population)
EPAL3: Eingreifrichtwerte für Jodblockade (Thyroid Blocking)
EPAL4: Eingreifrichtwerte für Umsiedlung (Intervention Levels for Relocation/Resettlement)
EPAL-References: Quellenangaben für die EPAL-Daten

15.1.1 EPAL1 - Eingreifrichtwerte für Evakuierung

	Dose Criterion AD: Averted Dose PD: Projected Dose	**Intervention Level Value** mSv or other unit	**Effective Dose (ED) or Organ Dose (OD)**	**Integration time**	**Exposure pathways** External radiation: ER Inhalation: Inh/ Ingestion: Ing	**Remarks**
EUROPEAN COUNTRIES						
A Austria[10]	AD	50 mSv	ED	7 days	ER, Inh	
B Belgium	PD	50 – 150 mSv	ED	7 days	ER, Inh, Ing	Lower value considered "generally", higher "almost always" justified
BG Bulgaria[7]	AD	50 – 500 mSv 500 – 5000 mSv	whole body dose OD skin	less than 7 days	n.a.	
D Germany[1,2]	PD	100 mSv	ED	7 days	ER, Inh	
E Spain	AD	50 mSv	ED	7 days	ER, Inh	
F France[1]	PD	50 mSv	ED	up to 7 days	exposure pathways affected by countermeasure	
GB United Kingdom[1,2]	AD	30 – 300 mSv 300 – 3000 mSv	ED OD (thyroid, lung, skin)	no more than a few days	exposure pathways affected by countermeasure	
H Hungary[2]	AD	50 mSv	ED	7 days	all possible exposure pathways that can be affected by countermeasure	
N Norway[2,9]	AD	50 mSv	ED	7 days	exposure pathways affected by countermeasure	
NL The Netherlands[1,2]	PD, precautionary evacuation	1000 mSv 5000 mSv 1000 mSv 4000 mSv 3000 mSv	ED OD thyroid (children) OD bone marrow (children OD lungs (children) OD skin (children)	two days	exposure pathways affected by countermeasure	dose reduction of sheltering and iodine prophylaxis taken into account for post release situation
	PD, post-release early evacuation	200 mSv 1500 mSv 2000 mSv	ED OD thyroid OD lung			
RO Romania[3]	PD	30 – 300 mSv 300 – 3000 mSv	ED OD (thyroid, lungs, skin)	24 hours	ER, Inh & Ing	
INTERNATIONAL ORGANISATIONS						
EU[1]	AD	some 10s to some 100s mSv	ED		exposure pathways affected by countermeasure	

IAEA BSS[4] (1996)	AD	50 mSv	ED	7 days	exposure pathways affected by countermeasure	
ICRP 63[5] (1991)	AD	50 – 500 mSv	ED	7 day	ER, Inh, external contamination	
	PD	500 mSv	ED	one day		
ICRP, present draft recommendations	PD (Residual Dose)	~ 50 mSv	ED	7 days	"Overall exposure that may occur from all pathways " => Protection Strategy	"Exposure pathways affected by countermeasure" expected from strategy
WHO	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

Tabelle 50: EPAL1 (Eingreifrichtwerte)

15.1.2 EPAL2 - Eingreifrichtwerte für Verbleiben in Gebäuden

	Dose Criterion AD: Averted Dose PD: Projected Dose	**Intervention Lev Value** mSv or mGy	**Effective Dose (ED) or Organ Dose (OD)**	**Integration time**	**Exposure pathways** External radiation: ER Inhalation: Inh/ Ingestion: Ing	**Remarks**
EUROPEAN COUNTRIES						
A Austria[10]	PD	1 mSv for children 10 mSv for adults	ED	7 days	ER, Inh	
B Belgium	PD	5 – 15 mSv	ED	24 hours	ER, Inh	
BG Bulgaria[7]	AD	5 – 50 mSv 50 mGy – 500mGy	whole body dose OD(thyroid, lungs, skin)	duration of counter-measure	n.a.	
D Germany[1,2]	PD	10 mSv	ED	7 days	ER, Inh	
E Spain	AD	10 mSv	ED	2 days	ER, Inh	
F France[1]	PD	10 mSv	ED	2 days	ER, Inh	
GB United Kingdom[1,2]	AD	3 – 30 mSv 30 – 300mSv	ED OD (thyroid, lung, skin)	duration of counter-measure	ER, Inh	
H Hungary[2]	AD	10 mSv	ED	2 days	ER, Inh	
N Norway[2,9]	AD	10 mSv	ED	2 days	ER, Inh	
NL The Netherlands[1]	PD	10 mSv 50 - 500 mSv	ED to adults OD thyroid to children	two days	ER, Inh	
RO Romania[3]	PD	3 – 30 mSv 30 – 300 mSv	ED OD(thyroid, lungs, skin)	24 hours	ER, Inh & Ing	
INTERNATIONAL ORGANISATIONS						
EU[1]	AD	a few to some 10s mSv	ED	some days	exposure pathways affected by countermeasure	
IAEA BSS[4] (199	AD	10 mSv	ED	2 days	exposure pathways affected by countermeasure	
ICRP 63[5] (1991)	AD	5 – 50 mSv	ED	2 days	ER, Inh, external contamination	"Exposure pathways affected by countermeasure" expected from strategy
ICRP, present draft recommendatio	PD (Residual Dose)	~ 10 mSv	ED	2 days	"Overall exposure that may occur from all pathways" => Protection Strategy	
WHO[1]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	

Tabelle 51: EPAL2 (Eingreifrichtwerte)

15.1.3 EPAL3 - Jodblockade

	Dose Criterion AD: Averted Dose PD: Projected Dose	Intervention Level Value (Thyroid dose, mSv or mGy)		Integration time	Exposure pathways Inhalation: Inh	Remarks
		Children	Adults			
EUROPEAN COUNTRIES						
A Austria[10]	PD	10 mGy	100 mGy < 40 yrs 500 mGy > 40 yrs	Duration of cloud passage; max. 7 days	Inh.	
B Belgium	PD	10 – 50 mSv	50 – 100 mSv	Duration of cloud passage	Inh (ing in exceptional cases)	ERL for children also applicable to pregnant and nursing women
BG Bulgaria[7]	AD	5 – 50 mGy	50 – 500 mGy	For the period of sheltering.	n.a.	IAEA recommends optimised intervention level for iodine prophylactics by avertable dose of 10 mSv for pregnant, breast-feeding and persons under 18 years and 100 mSv for all others persons independently of the period
BG Bulgaria [8]	AD	5 – 10 mGy	50 – 100 mGy	n.a.	n.a.	
D Germany[1,2]	PD	50 mSv	250 mSv	Duration of cloud passage; if not known: 7 days	Inh	No blocking for adults older than 45 years
E Spain	AD	100 mSv		Duration of cloud passage	Inh	
F France[1]	PD	100 mSv		7 days	Inh	
GB United Kingdom[1,2]	AD	30 – 300 mSv		Duration of cloud passage	Inh	
H Hungary[2]	AD	100 mGy		Duration of cloud passage	Inh	Not reasonable beyond 24 h following the release Holds also for workers
N Norway[2,9]	AD	10 mGy/100 mGy		Duration of cloud passage	Inh	No blocking for adults older than 40 years, discussions ongoing
NL The Netherlands[1,2]	PD	100 mSv (age < 18years	1000 mSv	1 day	Inh	Assuming not contaminated food Advice against iodine blocking for adults > 45 years
RO Romania[3]	PD	30 – 300 mSv		24 hours	Inh	
INTERNATIONAL ORGANISATIONS						
EU [1]	AD	some 10s to some 100s mSv		Duration of passage	Inh	
IAEA BSS 115 (1996)	AD	100 mGy		Duration of cloud passage	Inh	
ICRP 63 (1991)	AD	50 – 500 mSv		Duration of cloud passage	Inh	
ICRP, present draft recommendations	AD	~100 mSv		Duration of cloud passage (Concept from ICRP 63)	Inh	
WHO[1]	AD	10 mGy	100 mGy	Duration of cloud passage	Inh	For adults below 40 years.
	PD		5Gy	Duration of cloud passage	Inh	For adults above 40 years.

Tabelle 52: EPAL3 (Eingreifrichtwerte)

15.1.4 EPAL4 - Umsiedlung (Relocation, Resettlement)

	Dose Criterion AD: Averted Dose PD: Projected Dose	**Intervention Leve** mSv or mGy	**Effective Dose (ED) or Organ Dose (OD)** e.g. Thyroid Dose)	**Integration time**	**Exposure pathways** External radiation: E Inhalation: Inh Ingestion: Ing	**Remarks**
EUROPEAN COUNTRIES						
A Austria[10]	PD	30 mSv	ED	1 month	ER	temporary relocation
		100 mSv		1 year		permanent resettlement
B Belgium	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	Case-by-case assessment
BD Bulgaria[7]	AD	10 mSv – 100 mS	ED	1 month	n.a.	temporary relocation, 10 mSv also threshold for termination
		1000 mSv	ED	lifetime		permanent resettlement
D Germany[1]	PD	30 mSv	ED	1 month	ER	temporary relocation
		100 mSv		1 year		permanent resettlement
E Spain	AD	30 mSv 1 Sv	ED ED	1 month whole life	ER	Keeping c.m. if dose in following months >10mSv/m.
F France[1]	n.a.	n.a	n.a.	n.a.	n.a.	case-by-case assessment
GB United Kingdo	n.a.	n.a	n.a.	n.a.	n.a.	case-by-case assessment
H Hungary	AD	30 mSv	ED	30 days	exposure pathways affected by countermeasure	
N Norway [9]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	ER and others	case-by-case assessment
NL The Netherlanc	PD	50 - 250 mSv	ED	one year	ER	no relocation for annual dose < 50 mSv (also threshold for termination)
RO Romania	No intervention levels are set-up for relocation, in the current legislation; a revised version of the current legislation will consider the recommendations for relocation.					
INTERNATIONAL ORGANISATIONS						
EU [6]	AD	> 10 mSv	ED	one month	ER	temporary relocation
		> 1000 mSv		lifetime		permanent resettlement
IAEA BSS[4] (1996)	AD	30 mSv (initiation) 10 mSv (termination)	ED	1 month	exposure pathways affected by countermeasure	temporary relocation
	AD	1 Sv	ED	lifetime	-"- -"-	permanent resettlement
ICRP 63[5] (1991)	AD	1 Sv	ED	duration of relocation/resettlement	exposure pathways affected by countermeasure	duration depends on dose averted by countermeasure
	AD	5 – 15 mSv	ED	per month for prolonged and continuing exposure	ER, Inh (+Ing by resuspension if relevant)	
ICRP, present draft recommendations	AD	100 mSv 1 Sv	ED ED	first year duration of resettlement	"Overall exposure that may occur from all pathways	"Exposure pathways affe countermeasure" expected from strategy
WHO[1]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabelle 53: EPAL4 (Eingreifrichtwerte)

15.1.5 Quellenangaben für die EPAL-Daten

Die Daten von EPAL berücksichtigen folgende Quellen („EPAL-Refereces“):

[1] Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety: Comparison of Emergency Protection Levels. Report on work package II of the research project: “International Comparison of Models and Parameters fort he Decision-Making Process in Emergency Situations“. Bonn, July 2005.

[2] Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-Operation and Development: Short –Term Countermeasures in Case of a Nuclear or Radiological Emergency. OECD/NEA Report 2003, ISBN 92-64-02140-X.

[3] International Atomic Energy Agency, Inter-Agency Committee on Response To Nuclear Accidents: ConvEx-3 (2005) Exercise Manual. IAEA, Vienna, 2005

[4] International Atomic Energy Agency (IAEA): Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, IAEA Safety Series No. 115, Vienna, 1996.

[5] International Commission on Radiological Protection (ICRP): Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. ICRP 63, 1991

[6] Belgian Nuclear Research Centre: A European Manual for ‘Off-site Emergency Planning and Response to Nuclear Accidents’. Prepared for the European Commission Directorate-General Environment under Contract SUBV/00/277065. SCK•CEN Report R-3594, Mol, December 2002

[7] Republic of Bulgaria, Council of Ministers: Regulations of Emergency Planning and Emergency Preparedness in Case of Nuclear and Radiological Emergencies. Council of Ministers Decision No 189 of 30 July 2004, Promulgated: State Gazette No. 71 of 13 August 2004

[8] The Regulation on conditions and order for medical insurance and health norms for protection of individuals in case of radiation accident, issued by the Minister of Health (Promulgated: State Gazette No. 84 of 17 October 2006)

[9] Nordic Intervention Criteria for Nuclear or Radiological Emergencies – Recommendations. The Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 2001

[10] Austrian Ordinance on Interventions in Case of Radiological Emergencies and Lasting Exposure Situations (Verordnung über Interventionen bei radiologischen Notstandssituationen und bei dauerhaften Strahlenexpositionen. BGBl. II Nr.145/2007)

15.2 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch TÜV/BMU (2003)

Die Daten („TÜV/BMU-Daten“) sind in folgenden Tabellen enthalten

TÜV/BMU1: Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden
TÜV/BMU2: Eingreifrichtwerte für Jodblockade
TÜV/BMU3: Eingreifrichtwerte für (Vorsorgliche) Evakuierung

Die Quelle[1012] für die („TÜV/BMU-Daten“ ist

„Internationaler Vergleich der Modelle und Parameter zur Entscheidungsbegründung in Notfallsituationen“. (BMU 2003), Abschlussbericht des Instituts für Kerntechnik und Strahlenschutz des TÜV Rheinland Group zum Forschungsvorhaben „St.Sch.-Nr. 429“, durchgeführt im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Köln, Dezember 2003 (BMU 2003).

1012 Vgl. BMU 2003 im Literaturverzeichnis

15.2.1 TÜV/BMU1: Eingreifrichtwerte für Aufenthalt in Gebäuden

(Quelle: Tabelle II.3-1in BMU 2003, modifiziert)

Staat	Art der Dosis	Richtwert	Organ	Int.-zeit	Expositionspfade 1)	Bemerkungen
Belgien	AV	5 - 15 mSv	effektiv	24 h	äußere Exposition, Inhalation	Analog EU-RadProt 87
Dänemark	AV	5 – 50 mSv	effektiv	2 d	Wolkenstrahlung, Inhalation	
Deutschland	PD	10 mSv	effektiv	7 d	äußere Exposition, Inhalation	
Finnland	AV	10 mSv	effektiv	2 d	Wolkenstrahlung, Inhalation	
Frankreich	PD	10 mSv	effektiv	2 d	äußere Exposition, Inhalation	
Großbritannien	AV	3 - 30 mSv 30 – 300 mSv	Ganzkörper SD, Lunge, Haut	Dauer der Maßnahme	äußere Exposition, Inhalation	Integrationszeit = Dauer der Maßnahme
Japan	PD	10 – 50 mSv 100 – 500 mSv	effektiv Organdosis			Angabe lt. OECD/NEA
Luxemburg	PD	3 – 25 mSv 30 – 250 mSv	effektiv Organdosis	2 d	äußere Exposition, Inhalation	
Niederlande	PD	5 - 50 mSv 50 – 500 mSv	effektiv (Erwachsene) SD (Kinder)	6 h	äußere Exposition, Inhalation	unterschiedliches gefährdetes Gebiet (Erw./Kinder)
Österreich	PD	2,5 - 25 mSv	effektiv	1 a	äußere Exposition, Inhalation	Gefährdungsstufen II und III 2)
Polen	AV	10 mSv	effektiv	2 d	äußere Exposition	
Russische Föderation	PD	5 – 50 mSv 50 – 500 mSv	Ganzkörper SD, Lunge, Haut	10 d	äußere Exposition, Inhalation	
Schweden	AV	1 – 10 mSv 10 mSv	effektiv	6 h 2 d	äußere Exposition, Inhalation	
Schweiz	PD	1 – 10 mSv 10 – 100 mSv	effektiv effektiv	1 a	äußere Exposition, Inhalation	Im Haus Im Schutzraum/Keller
Slowakische Republik	AV	10 mSv	effektiv	2 d	äußere Exposition, Inhalation	
Spanien	PD	5 – 25 mSv 50 – 250 mSv	Ganzkörper SD, andere Einzelorgane	2 d	äußere Exposition, Inhalation	Nur Edelgase und Jod betrachtet
Tschechische Republik	AV	10 mSv	effektiv	2 d	äußere Exposition, Inhalation	stets verbunden mit Jodblockade
	PD	5 - 50 mSv 50 – 500 mSv	effektiv Organdosis	7 d		
Ungarn	AV	10 mSv	effektiv	2 d	Wolkenstrahlung, Inhalation	auch Hautkontamination
USA	PD	1 – 50 mSv	effektiv	4 d	äußere Exposition, Inhalation	Evakuierung bevorzugt
Internationale Organisationen zum Vergleich						
ICRP	AV	50 mSv	effektiv		Durch Maßnahme beeinflussbare	
IAEA u.a.		10 mSv		2 d		einige h
EU		Einige bis einige 10 mSv		siehe Bemerkung		

1) Inhalation stets einschließlich Folgedosis infolge des aufgenommenen Radiojods; äußere Exposition steht für Wolken- und/oder Bodenstrahlung)

2) zu Österreich: Der untere Grenzwert wird erreicht für Kinder bei Gefährdungsstufe II, der obere Grenzwert wird erreicht für Erwachsene bei Gefährdungsstufe III.

Tabelle 54: TÜV/BMU1(Eingreifrichtwerte)

15.2.2 TÜV/BMU2: Eingreifrichtwerte für Jodblockade

(Quelle: Tabelle II.3-2 in BMU 2003, modifiziert)

Staat	Art der Dosis	Richtwert SD-Dosis Kinder	Richtwert SD-Dosis Erwachsene	Integrationszeit 1)	Vorverteilung?	Bemerkungen
Belgien	AV	50 mSv		Durchzug der Wolke	10 km	analog EU-RadProt 87
Dänemark		Maßnahme nicht vorgesehen			nein	
Deutschland	PD	50 mSv	250 mSv	Durchzug der Wolke	ja	vgl. Tabelle II.4-3; nur bis 45 Jahre
Finnland	AV	10 mGy	100 mGy	Durchzug der Wolke	5 km	
Frankreich	PD	100 mSv		7 d	5 km	
Großbritannien	AV	30 - 300 mSv		Durchzug der Wolke	zum Teil	Regional unterschiedliche Verteilung
Japan		Keine Festlegung, Expertenentscheidung nach Unfall			nein	Dosierung altersabhängig (OECD)
Luxemburg	PD	30 - 250 mSv		7 d	nein	(bis 25 km in Gemeinden gelagert)
Niederlande	PD	500 mSv	1.000 mSv	1 d	nein	(in 22 Lagern landesweit gelagert)
Österreich	PD	10 mGy	100 mGy	Durchzug der Wolke		Gefährdungsstufe III (Kind) / IV(Erwachsener), nur bis 40 Jahre
Polen	AV	100 mGy		Durchzug der Wolke	nein	Verteilung in gelöster Form, nur bis 40 Jahre
Russische Föderation	PD	100 – 1.000 mSv	250 – 2.500 mSv	10 d		
Schweden	AV	10 - 100 mSv	100 – 1.000 mSv	Durchzug der Wolke	12 – 15 km	(Innere Planungszone), nur bis 40 a
Schweiz	PD	30 - 300 mSv	30 - 300 mSv	1 a	3 – 5 km	(Zone 1), parallel 'Aufenthalt in Geb.'
Slowakische Republik	AV	100 mGy		Durchzug der Wolke	20 – 30 km	(Äußere Planungszone)
Spanien	PD	50 – 250 mSv		Durchzug der Wolke	nein	
Tschechische Republik	AV	100 mSv (SD)		7 d	13 – 15 km	(Mittlere Planungszone, UPZ)
	PD	50 – 500 mSv (SD) 5 - 50 mSv (effektiv)		Durchzug der Wolke		
Ungarn	AV	100 mGy		Durchzug der Wolke	nein	
USA	PD	50 mGy	100 mGy	Durchzug der Wolke	zum Teil	Vorverteilung abhängig vom Bundesstaat, nur bis 40 Jahre
Internationale Organisationen zum Vergleich						
ICRP	AV	500 mSv		Durchzug der Wolke	keine Festlegung laber Hinweis auf Bedeutung rechtzeitiger Verteilung	
IAEA, OECD		100 mGy				
WHO, 1989		100 mGy				Alle Altersgruppen
1999		10 mGy	100 mGy			nur bis 40 Jahre
EU		Einige 10 bis einige 100 mSv				

1) Die Angabe "Durchzug der Wolke" bedeutet hinsichtlich der Integrationszeit für die Dosis: Dosis infolge des während des Wolkendurchzugs aufgenommenen Radiojods einschließlich der daraus resultierenden Folgedosis.

Tabelle 55: TÜV/BMU2 (Eingreifrichtwerte)

15.2.3 TÜV/BMU3: Eingreifrichtwerte für (Vorsorgliche) Evakuierung

(Quelle: Tabelle II.3-3in BMU 2003, modifiziert) :

Staat	Art der Dosis	Richtwert	Organ	Int.-zeit	Expositionspfade [1)]	Bemerkungen
Belgien	AV	50 - 150 mSv	effektiv	14 d	äußere Exposition, Inhalation	analog EU-RadProt 87
Dänemark	AV	50 – 500 mSv 500 – 5.000 mSv	effektiv Haut	7 d	äußere Exposition	> 7 d: Umsiedlung
Deutschland	PD	100 mSv	effektiv	7 d	äußere Exposition, Inhalation	
Finnland	AV	50 mSv	effektiv	7 d	äußere Exposition, Inhalation	möglichst kurze Dauer
Frankreich	PD	50 mSv	effektiv	< 7 d	Beeinflussbare Pfade	möglichst vorsorglich
Großbritannien	AV	30 - 300 mSv 300 – 3.000 mSv	effektiv SD, Lunge, Haut	Wenige d	Beeinflussbare Pfade	Integrationszeit = vermutete Dauer
Japan	PD	50 mSv 500 mSv	effektiv Organdosis		Beeinflussbare Pfade	Alternativ: Verbleiben in Betongebäuden (OECD)
Luxemburg	PD	30 - 300 mSv 300 – 1.500 mSv	effektiv Organdosis	7 d	äußere Exposition, Inhalation	Wegen Größe des Landes nur begrenzt durchführbar
Niederlande	PD (Vorsorglich)	1.000 mSv 5 Sv	effektiv SD (Kinder)	1 d	Beeinflussbare Pfade	Zunächst 2 km, dann mehr Weitere Organdosen spezifiziert: Lunge, Haut, Knochenmark
	(nach Freisetzung)	50 – 500 mSv 1,5 Sv	effektiv SD (Kinder)			
	(Umsiedlung)	50 – 500 mSv	effektiv	1 a	Bodenstrahlung	
Österreich	PD	25 – 250 mSv 250 mSv	effektiv	1 a	äußere Exposition, Inhalation	Wenn möglich: vorsorglich stets, Gefährdungsstufe IV
Polen	AV	100 mSv	effektiv	7 d	Bodenstrahlung	
Russische Föderation	PD	50 – 500 mSv 500 – 5.000 mSv	effektiv SD, Lunge, Haut	10 d	Beeinflussbare Pfade	
Schweden	AV	3 - 30 mSv 50 mSv	effektiv	pro d 7 d	Beeinflussbare Pfade	5 – 50 mSv im 1. Monat: Umsiedlung
Schweiz	PD	100 - 500 mSv	effektiv	1 a	Bodenstrahlung, Inhalation, Ingestion	Nur falls Dauer im Schutzraum zu lang
Slowakische Republik	AV	50 mSv	effektiv	7 d	äußere Exposition, Inhalation	
Spanien	PD	100 - 500 mSv 300 - 1.500 mSv	Ganzkörper SD, andere Einzelorgane	7 d	äußere Exposition, Inhalation	
Tschechische Republik	AV	100 mSv	effektiv	7 d	äußere Exposition, Inhalation	
	PD	50 - 500 mSv 500 – 5.000 mSv	effektiv Organdosis			
Ungarn	AV	50 mSv	effektiv	7 d	Beeinflussbare Pfade	
USA	PD	10 – 50 mSv	effektiv	4 d	äußere Exposition, Inhalation	
Internationale Organisationen zum Vergleich						
ICRP	AV	500 mSv 5.000 mSv	effektiv Haut	siehe Bem.	Beeinflussbare Pfade	Integrationszeit = Dauer der Maßnahme, max. 7 d
	PD	500 mSv	effektiv	pro d		

IAEA u.a.	AV	50 mSv	effektiv	7 d		BSS
EU	AV	Einige 10 bis einige 100 mSv	effektiv			
1) Inhalation stets einschließlich Folgedosis infolge des aufgenommenen Radiojods; äußere Exposition steht für Wolken- und/oder Bodenstrahlung; beeinflussbare Pfade steht für Wolken- und/oder Bodenstrahlung, Inhalation (auch durch Resuspension) und Kontaminierung.						

Tabelle 56: TÜV/BMU3 (Eingreifrichtwerte)

15.3 Zusammenstellung der Eingreifrichtwerte durch RISKAUDIT (2010)

Die Daten („RISKAUDIT- -Daten“) sind in folgenden Tabellen enthalten

RISKAUDIT1: Emergency reference levels in Europe for iodine intake
RISKAUDIT2: Decision-making supporting elements for iodine intake

Die Quelle[1013] für die („(„RISKAUDIT- -Daten“ ist

„Medical Effectiveness of Iodine Prophylaxis in a Nuclear Reactor Emergency Situation and Overview of European Practices“ Riskaudit: Service EC Contract No. TREN/08/NUCL/SI2.520028 by authors: JR Jourdain, K Herviou, R Bertrand. (IRSN), M Clemente, A Petry (RISKAUDIT).RISKAUDIT Report No. 1337, January 2010.

15.3.1 RISKAUDIT1: Emergency reference levels in Europe for iodine intake

(Quelle: Table XII. Emergency reference levels in Europe in RISKAUDIT 2010)

Country	Emergency reference level for iodine intake	Type of dose considered (equivalent to the thyroid)	Intention to review the intervention level for iodine intake
Belgium	Children, pregnant and breastfeeding women : 10 mSv / Adults : 50 mSv	Projected dose	No
Croatia	10 mSv in the future (maybe a different choice will be made)	not known	
Czech Republic	100 mSv	Averted committed equivalent dose	No
Denmark	50 mGy	Averted dose	No
Finland	10 mSv thyroid dose for children, 100 mGy for adults	Projected dose	Ongoing project to be finished by the end of year 2009 where all intervention levels are reconsidered for early and intermediate phases of an emergency. Iodine prophylaxis is also included.
France	50 mSv based on common works performed with Belgium, Germany, Luxembourg and Switzerland to harmonize practices concerning iodine prophylaxis	Projected dose on the duration of the release or 24/48 hours	No, recently reviewed
Germany	50 mSv for children/adolescents under 18 years and pregnant women; 250 mSv for adults (based on WHO last recommendations)	Projected dose	No
Hungary	100 mGy	Averted dose	Yes, in one year
Italy	10 mSv for neonates, children, adolescents up to 18 years and pregnant and breastfeeding women, 100 mSv for the adults	Averted dose	No
Lithuania	10 mGy for neonates, children, adolescents up to	Projected dose	No

1013 Vgl. RISKAUDIT 2010 im Literaturverzeichnis

	18 years and pregnant and lactating women, 100 mGy for adults under 40 years ; 5 Gy for adults above 40 years		
Luxembourg	Flexible approach: harmonized countermeasures with border countries - The value of 50 mSv should be adopted in the very near future (based on common work performed with neighbouring countries).	Projected dose	No, just reviewed
Netherlands	Under review	Averted dose	No
Norway	10 mSv at the thyroid for children and adolescents	Projected dose	Yes. Depends on when the new international recommendations will be available (WHO, IAEA BSS, EU etc…)
Poland	100 mGy	Projected dose	No, but introduction of OILs is foreseen according to the IAEA Safety Standards DS44
Romania	Between 30 and 300 mSv on 24h	Projected dose	Yes, according to new international BSS recommendations and to EU recommendations
Slovakia	fixed by national legislation concerning radiation protection - not known	Averted dose	Yes, within 3 to 5 years
Slovenia	100 mGy (based on IAEA BSS N°115, schedule V, paragraph 9)	Averted dose	No
Spain	100 mGy	Projected dose on 2 days	Participation to the EPAL group
Sweden	No numeric intervention level value : there is no time to first measure the content of iodine in the air and then decide on iodine tablets. It will be too late. Since the side effects of stable iodine are very low it has been decided to recommend intake of predistributed tablets if there is even a small risk of thyroïd dose in the order of 1-10 mGy or above for children, which is a general emergency situation within 15 km.	Projected dose	No
Switzerland	30-300 mSv	Projected dose on two days or the duration of the cloud passage / ingestion pathway not considered	It is planned to adopt an intervention level of 50 mSv in 2010 based on the proposal of the working group on harmonization of iodine prophylaxis. However Switzerland will not adopt age-specific intervention levels because tablets are available for everybody and side effects are judged as a minor problem.
Turkey	100 mSv	Averted dose	May be revised depending on the future changes of international guidance
United Kingdom	30 - 300 mGy to the thyroid	Averted dose	Yes. HPA has prepared a document on the subject which was sent out for consultation. HPA is waiting for the publication of the WHO guidance on iodine before publishing its own report since it refers to the WHO guidance.

Tabelle 57: RISKAUDIT1 (Eingreifrichtwerte)

15.3.2 RISKAUDIT2: Decision-making supporting elements for iodine intake

(Quelle: Table XIII. Decision-making supporting elements for iodine intake in RISKAUDIT 2010) :

Country	Key decision-making elements	Considered pathways	Target population for calculation	Effectiveness of CM considered in the calculation
Belgium	Projected dose calculation on the release duration	Inhalation	Children, pregnant and breastfeeding women, adults	No
Czech Republic	Averted dose assessed by atmosphere dispersion models under actually meteorological conditions	Inhalation	Not known	No
Denmark	Averted dose - age independent - days / no ingestion	Inhalation	Different ages	No
Finland	Safety assessment of the situation (prediction of the development of the event, foreseeable releases of radioioidine into the environment), meteorological conditions and projected dose assessment.	Inhalation mainly / ingestion only if it is not possible to cope with restricted consumption	Especially children but adults too	
France	Safety assessment of the situation (prediction of the development of the event, foreseeable releases of radioioidine into the environment), meteorological conditions and projected dose assessment as a function of time.	Inhalation	1-year old child (most radiosensitive population for a release from a NPP)	No
Germany	Projected equivalent thyroid dose assessment (using RODOS for some Länder)	Inhalation	Children and adult	No
Hungary	Thyroid dose assessments based on radioiodine concentration in the air calculated by RODOS model. (RODOS built-in method) - averted dose	Inhalation	Not known	No
Italy	Averted thyroid equivalent dose calculation	Inhalation	Not known	
Lithuania	Projected dose calculation on the release duration	Inhalation and ingestion	Not known	Yes
Luxembourg	Projected doses assessment	Inhalation	Most sensitive group (children)	No
Netherlands	Adverted dose on 24 hours	Inhalation	One year old child who is sheltering in place	Yes
Norway	Argos projected dose prognosis – time when information about release is available, time needed to distribute + time of arrival of the plume. Calculation on most cases on 12 hours.	Inhalation	Children, pregnant and breastfeeding women	Yes
Poland	Prognosis calculation performed with ARGOS and/or RODOS computer codes and measurements results	Inhalation	Most sensitive group	Yes
Romania	Prognosis of iodine release, due to the nuclear power plant/projected equivalent thyroid dose due to the cloud passage (projected dose)	Inhalation in the early phase and ingestion in the late phase		Yes
Slovakia	Methodological procedure for assessing the dose - use of the RODOS computer code - averted dose	ERL defined for inhalation – ingestion pathway considered in the evaluation	Critical group of population	Yes
Slovenia	Inhalation projected and averted dose	calculation		

		Inhalation and ingestion in regulation		
Spain	Results of release models (projected dose on 2 days) and measurements	Inhalation		No
Sweden	General emergency level	Inhalation		No
Switzerland	Dispersion modeling and dose calculation based on the source term estimation (projected dose)	Inhalation	Most sensitive group (children)	Yes
Turkey	Projected dose calculation	Inhalation		Yes
United Kingdom	Following advice from the site operator - simple gaussian plume model to calculate time integrated air concentrations on basis of monitoring data (either air concentrations or dose rates). Calculation of the committed dose to the thyroid from inhalation to children over the integration period. It is assumed that I-131 and 100% dose saving from the application of the countermeasure. Values calculated are compared with ERLs and derive distances at which the countermeasure should apply is defined.	Inhalation	7 days but it is not a fixed recommended value. It is a generic time used by HPA ; different sites may have different times for their emergency plans.	Yes

Tabelle 58: RISKAUDIT2 (Eingreifrichtwerte)

16. E: Der Fragebogen (questionnaire)

16.1 Anschreiben

c/o Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
(BMU - Division RS II 5 /Emergency Preparedness and Response)
P.O. Box 1206
53048 Bonn /Germany
phone: +49 228 305 2970
e-mail: johannes.kuhlen@bmu.bund.de
23 November 2010

Questionnaire regarding
"INTERNATIONAL HARMONIZATION OF EMERGENCY MANAGEMENT"

Dear Sir or Madam,
Dear colleagues,
I study the "Requirements for the International Harmonization of Nuclear Emergency Preparedness and Response". As part of this work I have developed the questionnaire attached as a means to obtain current information on the opinions of the relevant stakeholders (decision makers, advisors, experts etc.) who play an important role in the field of "Nuclear Emergency Preparedness and Response".
The aim of the questionnaire is to find out how close or how diverging the opinions of the worldwide "stakeholder community" are and if the results of the study suggest a way for an acceptable common position which can help to promote the harmonization process.
Because of the ambitious aim the questionnaire is comprehensive although its contents comprises only a small but important section dealing – except the last questions - with "urgent off-site countermeasures" and "action levels in the early phase of a nuclear accident".
Of course, I do not expect each stakeholder to answer all questions although for statistical reasons it would be highly desirable to reach sufficient feedback that is "*more than 50 percent of the interviewees answer more than 50 percent of the questions*". But in the present case I would appreciate if you sent back the returned questionnaire with approximately 100 answers (attached word document) even **if more than 80 times your answer is "no opinion"**!
I would like to ask you a favour: do not flinch from reading the long text (attached pdf-document) **as part of the questionnaire and from answering the numerous questions!** Most of the answers can be given by ticking. I have really tried to make it easy to answer quickly.
Referring to the content of the questionnaire please bear in mind that the relevant stakeholders have very different backgrounds with respect to both their professional roles and their education and training (physicists, lawyers, engineers, health professionals etc.) So, the questionnaire comprises an unusual amount of questions while some questions may be seen by one stakeholder as trivial or banal while another stakeholder may have difficulty answering the questions.
In the text of the questionnaire I have cited statements which, according to the individual decision, one can agree to or not. I would like to stress that my intention is to be neutral and not

to push someone in a certain direction when he / she expresses his / her opinion when answering the questions.
I am also interested in obtaining the personal view of the interviewee not the "official" one of his country, his authority or his institute. In the present survey the "official" position is irrelevant and, therefore, it doesn't matter whether "personal" and "official" views are consistent or not. As the answers given are based on private opinions there are no "true" or "false" in the responses.
In respect of the concern of those who may feel uneasy or may see potential conflicts when answering the questions I offer the possibility to send the answers anonymously – without giving one's name. This can be done by filling in the form of answers to the questionnaire incompletely (without full name, address etc.) and by sending back the form to me incognito via mail in an envelope or via internet unrecognized by using a temporary/disposable email service. [1014]
However, in the questionnaire I anonymously ask for a few personal data (e.g. first letter both of the name and of the surname and the date of birth), which will be of no use to trace a person. These data are needed for the relevant statistical analysis.[1015]
In any case I do assure all interviewees (anonymous or not) of treating strictly confidential the connection between the persons and their answers according to privacy regulations on the protection of individuals with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data.

Please fill in this questionnaire as honestly, completely and accurately as possible. I would be grateful if you **sent back the completed questionnaire**
by the end of January 2011 (but latest by 15 February 2011)
to me (my e-mail address and return address see above).

After receiving the answers of the questionnaire I will draw up a statistical evaluation. Then I will inform you and all the others who have got this letter personally on the results of my survey.
Unfortunately, I have contacted more German stakeholders than those abroad. Some I may have forgotten but obviously I have not been in the position to include more foreign stakeholders (of the "worldwide stakeholder community") who should answer the attached questionnaire in order to make the survey sufficiently representative. You can find the list of e-mail addresses in an alphabetic order who I sent this e-mail to and you can check who is missing – especially those who live in your country. You can help to improve the representativeness of the present survey: Please forward the questionnaire also to the missing persons and brief me via e-mail (so that these persons also get my statistical evaluation later on).
I would appreciate very much if you answered the questionnaire in a timely manner (according to my schedule).
Yours sincerely

1014 Hint: a collection of 20 "free temporary mailbox services ("forward mailboxes") that provide an interviewee a temporary email inbox which is spam free and needs no registration or sign up can be found under "*http://www.sizlopedia.com/2007/05/27/top-20-temporary-and-disposable-email-services/*")

1015 These data, which are unique to a person and are necessary only for distinction of all interviewees , are needed for statistical reasons (e.g. as input data for certain statistical methods which apply „paired samples" such as „testing for before and after differences").

16.2 Fragen

Please fill in the associated ANSWER SHEETS (word document)

A: „Personal Data“:

(***for all interviewees***)

1. P1 first letter of your first name: ___
2. P2 first letter of your last name: ___
3. P3 date of birth (dd.mm.yy): ___ ___ ___

Only for ***non-anonymous interviewees:***

4. P4 first name: _____
5. P5 last name: _____
6. P6 date of birth (dd.mm.yy): ___ ___ ___
7. P7 name and address of your institute / authority: _____ _____ _____
8. P8 your phone no: _____
9. P9 your e-mail address: _____ _____

B: „Private key“ for de-personalization of your reply:

Please choose a “private key” consisting of 8 characters for identification of your present reply of the questionnaire. The “private key” should not be traced back to your person !
(3 examples for inventing a “private key” – only for illustration purposes, please do choose your own “private key”:

- “Yamtssfa”
  (thinking of the Beatles song “*Yesterday all my troubles seemed so far away*”)
- “vn-vd-vc”
  (thinking of the famous Latin sentence “*veni, vidi, vici*” reportedly written by Julius Caesar)
- “Le-is-mo”
  (thinking of a proverb “*Less is more*” by the architect Ludwig Mies van der Rohe)

10. P10 Your private key” (8 characters) : _ _ _ _ _ _ _ _

C: Data belonging to stakeholder entities (for classification of “stakeholder groups”):

10. P11 Are you member of an authority (Y/N): __
    if “Yes”, are you
    - P12 decision maker (D), senior expert (S), advisor (A) (D/S/A) : ____
11. P13 Are you advisor of an authority (e.g. “external expert”) (Y/N): __
12. P14 Are your currently involved in “nuclear emergency preparedness and response issues” (Y/N): __

13. P15 Is your educational background science-oriented (Y/N): __

14. P16 Is your educational background legal-oriented (Y/N): __

15. P17 Is your educational background medical-oriented (Y/N): __

16. Are you member / participant of the following relevant international organizations

- P18 ICRP (Y/N): __
- P19 IAEA / Competent Authorities (of Nuclear Accident or Radiological Emergency States Parties) (Y/N): __
- P20 NEA / CRPPH (Y/N): __
- P21 NEA / WPNEM (Y/N): __
- P22 EU / ECURIE Competent Authorities (Y/N): __
- P23 EU / EURANOS Consortium (Y/N): __
- P24 Others (e.g. WHO/RANET, IRPA, UNSCEAR): (Y/N): __
  if Yes: please specify Text : _____
  _____
  _____
  _____

D: Questions referring to opinions (see attached pdf-document):

Instructions

In the following part of the questionnaire there are only questions which refer to your personal opinion. but not to a "official" position of a country, authority or institute. As the answers are based on opinions there is no "true" or "false" in your responses.

The number of questions is very high but the type of answers to these questions is very simple: mostly there is only a selection of one of the options according to the following patterns (type 1, ..., type 5):

Type 1

◄— I disagree					I agree —►	
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Type 2

◄— I disagree								I agree —►		
0 %	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

No answer	very important
NA	VI

Type 3

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Type 4

◄— I disagree ————|				"neutral"	|—————— I agree —►				
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Type 5

◄— I disagree ————|	|—————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Additionally, mostly there are two more fields which refer to the respective question: the field "no answer" (NA) and the field "very important" (VI). Should both fields exist, you find them after the respective answer field. A short hint to the

- field "no answer" (NA)
  If you have no opinion on the question or cannot find an adequate answer you should tick the field "NA" !!
- field "very important (VI)".
  Normally you may disregard that field totally. Only in "rare cases" (*approximately only up to 10 percent of your answers*), in addition to your answer, you should tick the field "very important" (VI) in order to notify that your answer given in that question is of exceptionally high importance for you (and this fact should be considered in the statistical evaluation).

In cases where there is no explicit question the question is whether you agree or disagree to the assertion made (or rather how much you agree or disagree to the assertion made).

The following set of questions (Q1,Q2,.. resp.(Q1 , Q2 ...) refer to **your opinion**. It is divided in four parts:

Part I: General aspects of emergency management (Q1,..Q45)

Part II: Levels of early measures (Q46,...,Q69)

Part III: Levels of later measures (Q70,...,Q97)

Part IV: Other aspects including priorities in international nuclear emergency issues (Q98,...,Q104).

Please read the questions Q1, Q2, ... (the Questions Q1,Q2,..see attached pdf-document) **and answer them by filling in the following fields** (in **in the associated ANSWER SHEETS** (word document), cf. below)**:**

Questions

As P1,P2,..please fill the answers to Q1,Q2,.. in the associated ANSWER SHEETS (word document)

Part I: General aspects of emergency management

Q001 (Type 3)	1		The aim of harmonization in emergency preparedness is to reach the same level of radiation protection in different countries for the public as well as for the emergency workers in the case of an accident.
Q002 (Type 3)	2		To reach the same level of protection in all countries it is necessary to agree on a common basis for protective measures.
Q003 (Type 5)	3		A concept for harmonization on emergency preparedness and managing emergencies covers certain requirements like same reference levels for the implementation of countermeasures, guidance for their applicability, the same kind of preparedness regarding measurements, dose assessments, decision supporting models, information exchange and information to the public.
Q004 (Type 5)	4		Harmonization is especially needed in the early period of an accident when there is no time to coordinate decision making. For the early period urgent actions, countermeasures and information have to be predefined and prepared clearly.
	5		The scope of harmonization in management of nuclear accidents in Europe (and in other regions) should cover following issues:
Q005 (Type 3)	5	a	Generic intervention levels for protective measures
Q006 (Type 3)	5	b	Practicability of protective measures
Q007 (Type 3)	5	c	Action or operational intervention levels
Q008 (Type 3)	5	d	Basic requirements for the evaluation of radiological situation by calculation and measurement, presentation of results of calculation
Q009 (Type 3)	5	e	Basic requirements in communication and information exchange between different countries
Q010 (Type 3)	5	f	Additional consideration linked to this field, assistance, countermeasure catalogue etc.
Q011 (Type 3)	6		The EU should start with the harmonization of intervention levels and then with recommendation on the practical approaches of countermeasures.
	7		What do you think of the following statements:
Q012 (Type 5)	7	a	a reference level cannot be fixed in general because it might be too high or too low for certain situations
Q013 (Type 5)	7	b	a concept is necessary reflecting that the amount of the reference level might vary as a function of different parameters, e.g. the number of people affected, the probability of an accident occurrence the type of an accident.
Q014 (Type 5)	7	c	It is difficult to explain the adoption of different reference levels for different events to the public when actually the same level of protection is a fundamental requirement in radiation protection.
Q015 (Type 5)	7	d	Regarding reference levels differences in numbers could, at the utmost, only be related to critical groups like infants, children or pregnant women for whom the need of lower reference levels than for the general public might be commensurate.

Q016 (Type 5) 7 e It cannot be accepted that different event have different reference levels as the same level of protection is a fundamental requirement in radiation protection.

8 Do you accept a joint "intervention concept" which possibly contains a new meaning of reference level by the following definition:

8 a **the "intervention level" corresponds to the "minimum level of radiation protection"** in the way that

Q017 (Type 3) 8 b ● if the minimum level of radiation protection is reached (or exceeded) [in terms of doses] an emergency situation exists and protective actions have to be initiated immediately to protect the public

Q018 (Type 3) 8 c ● where the minimum level of radiation protection is reached (or exceeded) [in terms of doses] the corresponding protective measure (like evacuation, sheltering or thyroid blockade) have to introduced for people in the "emergency area", regardless of other parameters (like "size of the affected area" or "number of affected people").

Q019 (Type 3) 8 d ● If the values are below the intervention level (i.e. do not exceed the correspondent reference level) there is no emergency situation and, therefore, the ALARA principle is generally valid.

(In case of ALARA generally decision makers are required to make all efforts to lower the dose as "reasonably achievable" regardless of the type of situation e.g. "emergency situation" or "existing situation")

Q020 (Type 3) 8 e ● In emergency cases, when or where the "intervention concept" is valid, there exist no optimization whereas in situations and in areas when resp. where the ALARA principle is valid protective actions obey the "optimization principle" (which means under the aspects of dose reduction the aspects "costs", "sustainability", "applicability", "acceptability" etc. are taken into account)

Q021 (Type 5) 8 f ● Do you agree with the contents of the intervention concept (as "the minimum level of radiation protection" – see above) ?

Q022 (Type 5) 8 g ● Do you agree that the intervention concept and its definition is applicable for all kind of incidents and accidents applicable (which also means that this distinction between "emergency concept" emergency situations and "ALARA principle in all other situations "below emergency situations" is a applicable universal strategy) ?

9 "*In an emergency exposure situation or in an existing exposure situation, the reference level is the level of dose or risk, above which it is judged to be inappropriate to plan to allow exposures to occur, and below which optimisation of protection should be implemented.*"

Regarding the definition above and its consequences mentioned in the citation

Q023 (Type 3) 9 a Do you agree with the contents of the definition of "reference level" above?

Q024 (Type 5) 9 b Do you think a consequent adoption of this definition should be used internationally in future and should be realized in national intervention concepts?

Comment: To be more precise "a consequent adoption" means in the present case

- regarding the ***Consequences of the intervention concept in the early phase***

● In the early phase of a radiation emergency protective actions are evacuation, sheltering and thyroid blocking. Corresponding reference levels have to be defined and specified with respect to the relevant exposure pathways and the integration time.

● *As soon as the estimation of the projected effective dose indicates that the reference level for an early protective action will be exceeded in an area, the corresponding protective action has to be introduced consequently. Below the reference level the ALARA principle has to be adopted which means in practise to considered whether the countermeasures should be expanded to areas where lower doses are projected.*

- regarding the ***Consequences of the intervention concept in the late phase***

● *Basic protective actions in the later phase of a radiation emergency are relocation (temporarily late evacuation) and resettlement (long term or permanent late evacuation). Correspondingly the integration times are greater than those in the early phase (e.g. 30 days, 1 year and life time). But also returning of early evacuated people has to be considered. In the early phase of a radiation emergency, protective actions are evacuation, sheltering and thyroid blocking. Corresponding reference levels have to be defined and specified.*

● *But the following kind of protective actions, as part of the ALARA principle, is considered to be adopted automatically as soon as an environmental radioactive contamination occurs with the aim to reduce the effective doses to public in the affected areas and to make the return of people into their homes possible, by the following complementary protective actions to reduce the dose by: decontamination of radionuclides, shielding the radiation (e.g, ploughing) and agricultural measures to reduce the uptake of radionuclide in the food chain.*

10 (Cross border intervention contamination)

In cases when more than one country is contaminated the common reference level certifies the minimum level of radiation protection for all countries. Below the reference level, the ALARA principle imposes the countries for a joint response concerning optimisation of radiation protection.

In the early phase the countries would have jointly to decide in which areas sheltering, evacuation and thyroid blocking should be introduced. Basis would be the knowledge of the local distribution of the doses. In the

later phase joint efforts on restoration must be expected.

Do you agree that

Q025 (Type 5) ● common reference level should emerge as the minimum level of radiation protection for all countries?

Q026 (Type 5) ● on one hand all countries should have the same reference levels and on the other hand in case of (potential) cross border contaminations the decisions on interventions should make in line with the decision of the accident country?

Intensive cooperation and exercises are needed between countries in the planning phase to come to bilateral arrangements which enables them to come to a consistent approach especially in the first few hours after an accident.

Q027 (Type 5) Do you think that there is a need for additional recommendations to harmonize also the structure and the contents of that bilateral agreements?

11 ("Intervention concept")

Do you agree with the following conclusion with respect to **advantages of the intervention concept ?**

Q028 (Type 3) The system of emergency preparedness and response becomes simple and clear.

Q029 (Type 3) The intervention concept strengthens the consequent acting above the references levels but also allows a high flexibility in response below the reference levels.

Q030 (Type 3) The Intervention concept is adoptable to all type of accidents and incidents including existing situations.

Q031 (Type 3) Do you agree with the following statements? The intervention concept clearly favours case by case solutions and therefore solutions which are commensurate to the specific situation. Case by case decisions are already common practice and are preferable because incidents and accidents are rare and the contamination of the environment might vary in a very broad spectrum.

Q032 (Type 3) Within the ALARA process it is not necessary to define additional reference levels as additional objectives because the dose will be as low as reasonable achievable when the ALARA process is applied properly.

12 The intervention concept claims that emergency management has to follow it. However, it is obvious that there might be circumstances, like icy conditions, fog or late alarming which prevent a successful achievement of the goals. But all endeavours have to be done to react rapidly and consequent as soon as reference levels are exceeded.

Q033 (Type 5) Do you think that the "intervention concept" is a basic concept which is adequate to overcome the lack of international harmonization?

13 (Level concept)

Do you agree with the following statements regarding the level concept

Q034 (Type 3) ● The intervention concept shall only work with the concept of the "starting level" (one reference level) but not with the "two-level concept" (lower level, upper level)

Q035 (Type 3) ● A "two-level concept" would be interpreted as follows: the meaning of a lower level is understood as the projected dose, below which the considered action has not to be taken into account, the meaning of the upper dose level as one above which the countermeasure has to be introduced in any case.

Q036 (Type 3) ● Two levels have the disadvantages that in emergency cases it is very likely that decision makers introduce the countermeasure as soon as the lower dose level is reached.

Q037 (Type 3) ● The starting level concept is generally more appropriate for a harmonised approach on harmonization than the two level concept. (Reasons for that appraisal: there is not much time for coordination of countermeasures between neighbouring countries in the early phase / Decisions have to be made on weak knowledge on the expected contamination and dose to man / By experience, decision makers choose the lower level for triggering countermeasures anyway).

14 (Projected dose , averted dose or residual dose)

Three different kinds of doses - projected dose, averted dose, residual dose – are widely used in decision making in emergency situation.

Do you agree with the following statements?

In principle the relation between projected dose, averted dose, residual dose by definition as follows:

Q038 (Type 3) residual dose = projected dose - averted dose

Q039 (Type 3) As soon as the projective doses are expected to exceed a reference level, the corresponding protective action has to be initiated.

Q040 (Type 3) When the projected dose will be below the reference level, the ALARA principle has to be adopted.

Q041 (Type 3) Adoption of the ALARA principle in case of an accident means: in early phase the protective measures might expended to areas where the doses are projected to be below the reference levels, in the later phase the doses have to be reduced as low as reasonable achievable by decontamination of radionuclides, by shielding of the external radiation (e.g. ploughing) and by measures to lower the radionuclide activity in food.

Q042 (Type 3) ● An excess of reference levels defined as projected doses triggers consideration on the implementation of countermeasures

Q043 (Type 3) ● The averted dose is of importance to decide on the kind of the countermeasure to be implemented, because the choice of a countermeasure depends strongly on its efficiency to reduce the dose to man.

Q044 (Type 3)

- The residual dose supports decisions on the need of additional and long-term measures

15 (Operational Intervention levels / OILs)

In a recent publication the International Atomic Energy Agency defines the operational intervention level (OIL) as "*A calculated level, measured by instruments in the field or determined by laboratory analysis, that corresponds to an intervention level or action level. OILs are typically expressed in terms of dose rates or of activity of radioactive material released, time integrated air concentration, ground or surface concentration or activity concentrations of radionuclides in environmental food or water samples. An OIL is a type of action level that is used immediately and directly (without further assessment) to determine the appropriate protective actions on the basis of an environmental measurement*".

The practical importance of OILs in the case of a nuclear emergency seems to be indisputable.

Q045 (Type 1)

Do you disagree or do you agree (to a certain extent) with this definition?

In the latter case please indicate which answer you prefer:

a) Yes, I agree totally (= +++)

b) Yes, in agree in principle (without major correction) (= ++)

c) I agree in principle but there is a need for a consistent system of OILs which differs in some points from the IAEA approach. (= +)

Remark: At this stage it is not yet identified how a consistent system looks like. To develop a consistent set of OILs there is a need for:

1. Analysis of the relationship between protective action and OILs,
2. Definition of the kind of OILs for the different protective actions,
3. Consideration what can be achieved with OILs and what cannot be achieved.
4. Derivation of a system of specific OILs for the different protective actions.

Part II: Levels for early measures

16 (Reference level for sheltering)

It is a matter of fact that, at least within Europe, an intervention dose of 10 mSv is widely adopted for sheltering. But differences concern the relevant exposure pathways and the integration time to be considered in the calculation of the projected dose for triggering a countermeasure.

Intervention levels, e.g. of the EC regulation, for food and feed will be highly exceeded when the reference levels for sheltering are reached. Therefore it is considered reasonable to prevent the ingestion of radionuclides by food ban when sheltering is introduced.

Q046 (Type 3) Do you agree to link sheltering with food and feed ban (in order to prevent the ingestion of radionuclides by food ban when sheltering is introduced)?

Q047 (Type 3) Do you agree that inhalation and external radiation (cloud shine, ground shine) are the relevant exposure pathways which have to be considered in decision making for sheltering?

Considering the integration time for sheltering, usually 2, less often 7 days are applied, at least within Europe.

Q048 (Type 3) Do you agree that sheltering should not be recommended for more than two days?

Q049 (Type 3) Do you agree that (e.g. because of a maximum time span of 2 days for sheltering) a recommendation of an integration of the projected dose over 2 days is acceptable?

17 (Reference level for sheltering - suggestion)

A suggestion for the international reference level for sheltering could be as follows:

reference level for sheltering (suggestion)	
· Reference level: · Integration time: · Exposure pathways:	10 mSv, projected dose 2 days external dose (cloud, ground shine) and inhalation dose
Food and feed will be banned	

Q050 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for sheltering?

18 (Reference level for evacuation)

Evacuation is introduced in the early phase, when sheltering is not sufficient to protect people. It is considered as the most severe measure for the public. In decision making, it is necessary to consider possible risks and drawbacks resulting from the implementation (e.g. accidents, psychological and economical implications, problems in case of high population density). These problems were considered as argument in the discussion for a significant higher reference level in comparison to sheltering.

Ingestion of contaminated foodstuff should be avoided by food bans in the early phase of an accident.

Q051 (Type 3) Do you agree to link evacuation with food and feed ban (in order to prevent the ingestion of radionuclides by food ban when evacuation is introduced)?

Q052 (Type 3) Do you agree that inhalation and external radiation (cloud shine, ground shine) are the relevant exposure pathways which have to be considered in decision making for evacuation? (That means that the relevant exposure pathways are the same as for sheltering and external radiation and inhalation have to be taken into account, considering evacuation)

Considering the integration time for sheltering, usually two days, less often seven days are applied within Europe. Seven days would cover longer releases but would not be consistent with the proposed integration time for sheltering. An integration time of 2 days has two advantages: the reference level system is kept consistent and it allows a better comparability of the projected doses to decide on sheltering and on evacuation.

Q053 (Type 3) Do you think that in case of the introduction of the measure "sheltering" a large part of the concerned population will start "self-evacuation"?

Q054 (Type 3) Do you agree that a recommendation of an integration of the projected dose over 2 days is o.k.?

The reference level for evacuation mainly ranges between 50 mSv and 100 mSv, at least in different European countries.

Q055 (Type 3) Do you agree that the reference level for evacuation should be at least higher by a factor of 10 in comparison to sheltering?

Furthermore, when setting the dose for evacuation the uncertainties of the evaluation of the projected dose, the significant distance from threshold of deterministic effects and the risks linked to evacuation especially in densely populated areas should taken into account.

Q056 (Type 5) Do you agree that a projected dose of 100 mSv effective dose as a short term reference level for evacuation is o.k.?

19 (Reference level for evacuation - suggestion)

Great advantages can be taken if the integration time and the considered pathways are the same for sheltering and evacuation: Discrepancies are avoided and only one calculation of the projected dose is needed for decision making on sheltering and evacuation.

A suggestion for the international reference level for evacuation could be as follows:

reference level for evacuation (suggestion)	
· Reference level:	100 mSv, projected dose
· Integration time:	2 days
· Exposure pathways:	external dose (cloud, ground shine) and inhalation dose
Food and feed will be banned	

Q057 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for evacuation?

20 (Reference Levels for Thyroid Blocking)

Q058 (Type 3) Do you agree that regarding thyroid blocking the projected dose to the thyroid has to be considered?

Q059 (Type 3) Do you agree that regarding thyroid blocking inhalation should be the relevant exposure pathway to be considered in the early phase, as ingestion of iodine can be prevented by food ban?

Q060 (Type 3) In special situations the ingestion pathway might be considered in addition to inhalation. Do you think this is very special and not so relevant that the ingestion pathway should be in the scope of the exposure pathways?

There are two reasons for choosing a integration time a period of two days: It is in agreement with the (assumed) time period for sheltering and evacuation and it is unlikely that the wind blows over 7 days in only one direction.

Q061 (Type 3) Do agree with an integration time of 2 days (for triggering thyroid blocking)?

Q062 (Type 5) Do you agree that there is a need to consider children and adults as separate age groups due to the higher radiological sensitivity of the thyroid of children? (The age group of children is understood as all children and adolescents < 18 years; pregnant and breast feeding women need to be included into this group to protect the unborn and the nursed baby.)

Regarding the range of reference levels for children:

Q063 (Type 3) Do you consider a reference level of 10 mSv thyroid dose for children as suggested by WHO as too low because it is too close to dose limits for normal operation?

Q064 (Type 5) Do you consider a value of 100 mSv considered as too high especially for infants?

Q065 (Type 5) Do you think that – as a compromise - a reference level of 50 mSv is adequate to protect infants and children´s thyroid sufficiently?

Concerning the radiation risk, the thyroids of adults are less radiosensitive than the ones for infants and children. Therefore, basically a higher reference level is self-evident.

Q066 (Type 5) Do you agree that the reference level for adults 10 times higher than the level for children?

Q067 (Type 5) Do you agree that a reference level of 500 mSv projected thyroid organ dose is recommended for adults?

Elder people might be sensitive to the intake of stable iodine tablets and therefore side effects have to be taken into account especially in countries with a natural deficit in stable iodine support. Therefore, special national regulation for the intake of iodine tablets by adults might be appropriate.

Q068 (Type 5) Do you accept the recommendation to apply thyroid blocking for reduction of stochastic effects only to persons younger than 45 years?

21 (Reference level for thyroid blocking - suggestion)

A suggestion for the international reference level for thyroid blocking could be as follows:

reference level for thyroid blocking (suggestion)	
· Reference level for children < 18 years, pregnant and breast feeding woman:	50 mSv projected thyroid dose
· Reference levels for adults:	500 mSv projected thyroid dose
· Integration time:	2 days
· Exposure pathways:	inhalation from the passing cloud
Food and feed will be banned	

Q069 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for thyroid blocking?

Part III: Levels for later measures

Definition of "Returning"	
Returning:	People have been evacuated. Reference levels should indicate to decision makers to decide on lifting the measure evacuation and to recommend persons to go back to their homes and to live there normal life.

Q070 (Type 3) ·Do you agree with the definition of "Returning"?

Q071 (Text) · If not, please specify:

Definition of "Relocation" and "Resettlement"	
Relocation, resettlement:	People have not been evacuated. After the passage of the radioactive cloud the dose to man is still too high for normal living. Reference levels should support decision makers to decide on relocation and resettlement. Relocation is understood as a temporary protective measure, resettlement a long term evacuation.

Q072 (Type 3) · Do you agree with the definition of "Relocation" and of "Resettlement"?

Q073 (Text) · If not, please specify:

23 (Exposure Pathways)

It is sufficient to consider external radiation as main exposure pathway for decision making on later countermeasures.

Q074 (Type 3) · Do you agree with this statement (i.e. with the assumption that external radiation as the only one relevant pathways on later countermeasures) ?

Remark: Other exposure pathways like ingestion and inhalation need not be considered in the decision making as long as the ingestion pathway is regulated via the derived emergency reference levels for food and feed. E.g. in EU the levels ensure that the ingestion dose will not exceed 5 mSv/a. The dose from inhalation of resuspended matter will be low as long as α-emitters are not dominating the radionuclide spectrum.

24 (Dose Estimation)

Do you agree with the following statements?

Q075 (Type 3) Decisions on later countermeasures have to be made taking the projected dose to man into account.

Q076 (Type 3) The dose should be calculated in a realistic way taking results from environmental contamination measurements into account as well as the effects of countermeasures which have been initiated.

Q077 (Type 3) The projected dose for considering later countermeasures should be calculated beginning with the moment of decision

25 (Reference levels for returning)

There are no explicit reference levels recommended internationally when the measures evacuation, relocation and resettlement should be lifted. One should consider related reference levels given in international guidance.

Q078 (Type 3) Do you agree with the following statement?

Evacuated people might return to contaminated area and live their normal life there if and only if the **two reference levels** (one for short term exposure and one for long-term exposure) are not exceeded. That means returning is only allowed if both levels, the reference level of short term exposure as well as the reference level for long term exposure, has to be met

26 (Reference level for returning - suggestion)

A suggestion for the international reference level for returning could be as follows:

reference level for returning (" reference level combination") **(suggestion)**
Both reference levels (for short term exposure and for long term exposure)

are not exceeded	
Short term exposure	
· Effective dose:	10 mSv projected dose
· Integration time:	30 days
· Exposure pathway:	external dose
Long-term exposure (lifetime dose)	
· Exposure pathway:	external dose
· Effective dose:	500 mSv projected dose
· Integration time:	life time (70 years)

Q079 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for returning?

27 (Reference levels for relocation and resettlement)

There is no international agreement on reference levels for relocation and resettlement. Some countries have defined levels for temporary relocation while others will decide on a case–by–case basis.

Returning and relocation are complementary measures. It is obvious that relocation is not introduced when returning is possible. Therefore the question is raised how far the reference levels for returning and relocation/resettlement should be linked.

Q080 (Type 3) Do you agree with the following statements?
Relocation should already be recommended when the reference levels for returning are exceeded, i.e. the reference levels for long-term-exposure level for resettlement and for returning should be linked. This means that resettlement should be initiated if the lifetime dose of 500 mSv will be exceeded.

Q081 (Type 1) Do you agree with the following three statements?

- The short term exposure for relocation is seen as an extremely severe measure which stresses people psychologically and raises additional accidental risks. Therefore, an enhanced reference level for short term exposure is useful. This means that the population might stay in an area where the dose rate is higher than it is accepted for returning.
- It is suggested that relocation might not be introduced up to a reference level of 30 mSv/month.
- To be in agreement with resettlement this higher value should only be adopted if the life time dose will not exceed 0.5 Sv.

Q082 (Type 3) Do you agree with the following statements?

After implementation of sheltering the projected dose has to be estimated to consider the necessity of relocation. The duration of relocation depends on the velocity of the decrease of the dose rate with time. Resettlement has to be considered when the dose rate stays fairly constant over years.

28 (Reference levels for relocation and for resettlement - suggestion)
A suggestion for the international reference level for resettlement could be as follows:

reference level for relocation (suggestion)	
Reference Level:	
· Effective dose:	30 mSv projected dose
· Integration time:	30 days
Exposure pathway:	external radiation

Q083 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for relocation?

A suggestion for the international reference level for resettlement could be as follows:

reference level for resettlement (suggestion)	
Reference Level:	
· Effective dose:	500mSv projected dose
· Integration time:	life time (70 years) from moment of decision
Exposure pathway:	external radiation

Q084 (Type 4) Do you agree with the suggestion for the international reference level for relocation?

29 (Harmonization of reference levels for short- and long term measures)

Q085 (Type 1) Do you agree with the following statements:
A consequent regulation has to assume that relocation will not be necessary when sheltering has not been recommended. Consequently, the doses for sheltering and for relocation have to be linked in that way that the expected dose in 2 days correlates with the dose integrated over 30 days, 1 year and lifetime. If the reference level for relocation would be too low in comparison to sheltering a situation might result where people could stay outside during the passage of a cloud but will later be evacuated, what has to be avoided.

There is a current discussion between experts on a "two-step concept" in order to derive a consistent set of reference levels for early (sheltering, evacuation) and late (relocation/resettlement, returning) protective actions which have to be considered in radiation emergency planning. The idea of a "two-step concept" is as follows:
"*In the first step, the dose ratios of the projected effective doses have to be calculated for (e.g.) four defined time periods which correspond with the integration times for sheltering and relocation. In the second step, it is necessary to adopt a reference level for one protective action or a more general reference level for a certain time period as, for example, the reference level recommended by the International Commission on Radiological Protection (ICRP 103, 2007). The adopted intervention level or reference level and the relationships between the projected effective doses then are used to derive a consistent set of reference levels for early and late protective actions.*"

It can be assumed that the paper is not known. Therefore, the following question is not if you agree with the concrete "two-step concept" of the experts mentioned above but do you agree with the following statements:

Q086 (Type 1) Until now in existing national reference levels a consistency of reference levels between early and late countermeasures have not been checked

Q087 (Type 3) There is a need for new approaches (like the one above or others) to gain a consistent set of reference levels for early (sheltering, evacuation) and late (relocation/resettlement, returning) protective actions which have to be considered in radiation emergency planning

30 (Reference levels for emergency workers)

It is a matter of fact that the basic system for the protection of workers is not the same in every country.
The dose limitations are very inhomogeneous for the protection of workers in the case of an accident. For example, some countries consider no upper dose level for life saving actions, other countries have established reference levels of 300 mSv, 500 mSv or 750 mSv respectively.
In principle, two systems can be distinguished:
1. a system of reference levels for different groups of radioprotection personnel ("group related system"),
2. a system related to the tasks to be performed ("task related system").

The "group related system" assumes that different working groups have different tasks. Fire brigades and nuclear facility staff will work in the direct vicinity of an accident, while police will take much more care of the population. Life saving action is only performed by volunteers of special group like police, fire brigade or nuclear facility staff. People of the public will be much more involved in preventive or recovery actions. In a "group related system" the following groups can been considered:

- persons of the public
- police
- fire brigade,
- staff of the industry (NPP, nuclear facilities)
- volunteers performing life saving actions.

The "task related system" emphasis the need of work to be carried out independent from the different personnel groups. In a "task related system" a categorisation assumes that all the persons active are considered as emergency workers regardless of the organisation they are assigned to. For the "task-related related system, the following actions can be distinguished:

- life saving actions
- urgently required operations to be performed in an emergency
- other required operation in an emergency
- recovery operations.

Q088 (Type 5) Do you agree that
the "task-related system" is a more practical approach, which allows an easier and more flexible assignment of tasks

Q089 (Type 5) Do you agree that in a "task-related system" there should be a scheme of tasks and corresponding reference levels as follows:

task	explanation
Life saving actions	This task covers actions on rescue of individuals from immediate threat of life as well as the prevention of conditions in a nuclear facility that may lead to catastrophic consequences
Urgent emergency operations	This task covers potentially life saving actions, actions to mitigate and prevent serious situations on site with the potential of e.g. high collective exposures or off site with hazardous potential (e.g. fire endangering life).
Emergency operations	This task covers early activities which support emergency measures as e.g. traffic control, support of evacuation, decontamination of people, treatment of injuries or environmental monitoring.
Recovery actions	This task covers all activities after an emergency to recover the situation to normal life.

Do you agree with the following statements:

Q090 (Type 3) The dose levels suggested for the three tasks "life saving actions", "urgent emergency operations", "emergency operations" are not to be understood as dose limits, but are considered as strong reference levels.

Q091 (Type 5) The dose levels suggested for the first three tasks may only be exceeded in a severe situation when the benefit to others outweighs the rescuer's risk due to deterministic and probabilistic hazard.

Q092 (Type 5) The doses are defined as total dose received during the rescue assignment of one single event. If another accident should happen, it has to be decided whether and for which purposes people should be recruited who already received a high dose from protective actions in the first event.

Q093 (Type 3) The dose limit for recovery actions has to be handled within the scale of normal operation dose.

Q094 (Type 5) The level of the dose limit for recovery actions should be equal to the dose limit for workers (which means consequently, the dose rate of 20 mSv per year has to be considered as an intervention limit).

Q095 (Type 5) Do you agree with the following statements?
Emergency workers have to be educated and trained for their jobs and be aware of the risk resulting from the dose received. Especially for life saving actions and for urgent emergency operations only volunteers should be involved.
Doses received during emergency work have to be measured, accounted and documented. Persons appointed to emergency work need to undergo medical follow up at least in case of higher doses.

31 (Reference levels for emergency workers - suggestion)

Following the tasks and their explanation listed above a suggestion for the international reference levels for emergency workers could be as follows:

reference level for emergency workers (suggestion)	
Reference Level:	
· Live saving actions:	1000mSv total dose
· Urgent emergency operations:	500 mSv total dose
· Emergency operations:	100 mSv total dose
· Recovery actions:	20 mSv/a normal operation dose

Q096 (Type 5) Do you agree with the suggestion for the international reference level for emergency workers?

32 Generic levels for medical care

It is recognised that there is a need to give guidance for medical care and that medical care is not only a question of dose levels but it has also to be considered under psychological aspects.
There are recommendations and international guidance published by WHO and IAEA in this field, e.g.:
IAEA, Safety Report Series No 2: Diagnosis and treatment of radiation injuries, 1998
IAEA, Safety Report Series No 4: Planning the medical response to radiological accidents, 1998
IAEA EPR Medical 2005: Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency, 2005, (Co-sponsored by IAEA and WHO)

Do you think that

Q097 (Type 1)

- there is no need for further regulation on generic level for medical care as the mentioned recommendations and guidance of IAEA and WHO seem to be sufficient.

Part IV: Other aspects including priorities in international nuclear emergency issues

33 (Practical guidance)
It is not sufficient to harmonize the intervention/reference levels. It is essential to give brief, practical guidance how the levels should be adopted and how discrepancies might be overcome.
It is especially necessary to prepare the early countermeasures, because in the case of an accident the time will be short to introduce them. Emergency plans have to be developed for each nuclear facility separately. The plans have to be exercised regularly. If emergency plans are published e.g. by putting it into the web, confidential parts (telephone numbers, etc.) have to be eliminated.
To support the development of emergency plans and to react in a proper way in the case of an accident there should be given special guidance on implementation of sheltering, evacuation and thyroid blockade

These protective measures have to be taken into account when a significant amount of radionuclides have been released into the environment. In this case it has to be expected that the derived emergency reference levels in food and feed will be exceeded in much wider area. This means sheltering, evacuation and thyroid blockade have always to be accompanied by banning contaminated food and feed.
The practical guidances should cover the definition, the aim and the rationale of the three early countermeasures. They should give guidance for the planning phase, the intervention and lifting of the protective actions. The limitation and possible complication of the actions are to be discussed as well as risk/benefit consideration and linked actions. The tasks of the authorities are to be clearly indicated.

Dou you think that the following elements should be harmonized with respect to the practicability of the protective action sheltering?

	Elements of the "practicability of the protective action sheltering"
1	Definition *("What is sheltering?")*
2	Aim ("*What is the goal of sheltering*?")
3	Rationale ("*Why should sheltering be implemented*?")
4	Criteria for introducing sheltering ("*What is the intervention level for sheltering*?")
5	Practical implementation ("*What are the tasks, actions and instructions of responsible authorities before and during the intervention*?")
5.1.	During planning phase
5.1.1	Tasks of the authorities
5.1.2	Instructions for population
5.2	During intervention
5.2.1	Tasks of the authorities
5.2.2	Instructions to be given to the public
6	End of sheltering ("*When and how should sheltering be lifted*?")
7	Limitations and complications, and risk/benefit considerations
8	Linked actions

Q099 (Type 2) Dou you think that the following elements should be harmonized with respect to the practicability of the protective action evacuation?

	Elements of the "practicability of the protective action evacuation"
1.	Definition ("What is evacuation?")
2.	Aim ("What is the goal of evacuation?")
3	Rationale ("Why should evacuation be implemented?")
4	Criteria for introducing evacuation ("What is the reference level for evacuation?")
5	Practical implementation ("What are the tasks and actions of responsible authorities before and during the intervention?")
5.1.	General considerations on practicability
5.1.1	Evacuation in the pre-release phase
5.1.2	Evacuation during a release and/or cloud passage
5.1.3	Post-release evacuation
5.2	Practical implementation during the planning phase
5.2.1	Tasks of the authorities
5.2.2	Instructions for population

5.3	During intervention
5.3.1	Tasks of the authorities
5.3.2	Instructions to be given to the public
5.3.3	Information for people who will be evacuated
6	End (or prolongation) of evacuation ("When and how should evacuation be lifted or extended?")
7	Limitations and complications; risk/benefit considerations
8	Linked actions

Q100 (Type 2) Dou you think that the following elements should be harmonized with respect to the practicability of the protective action iodine blocking?

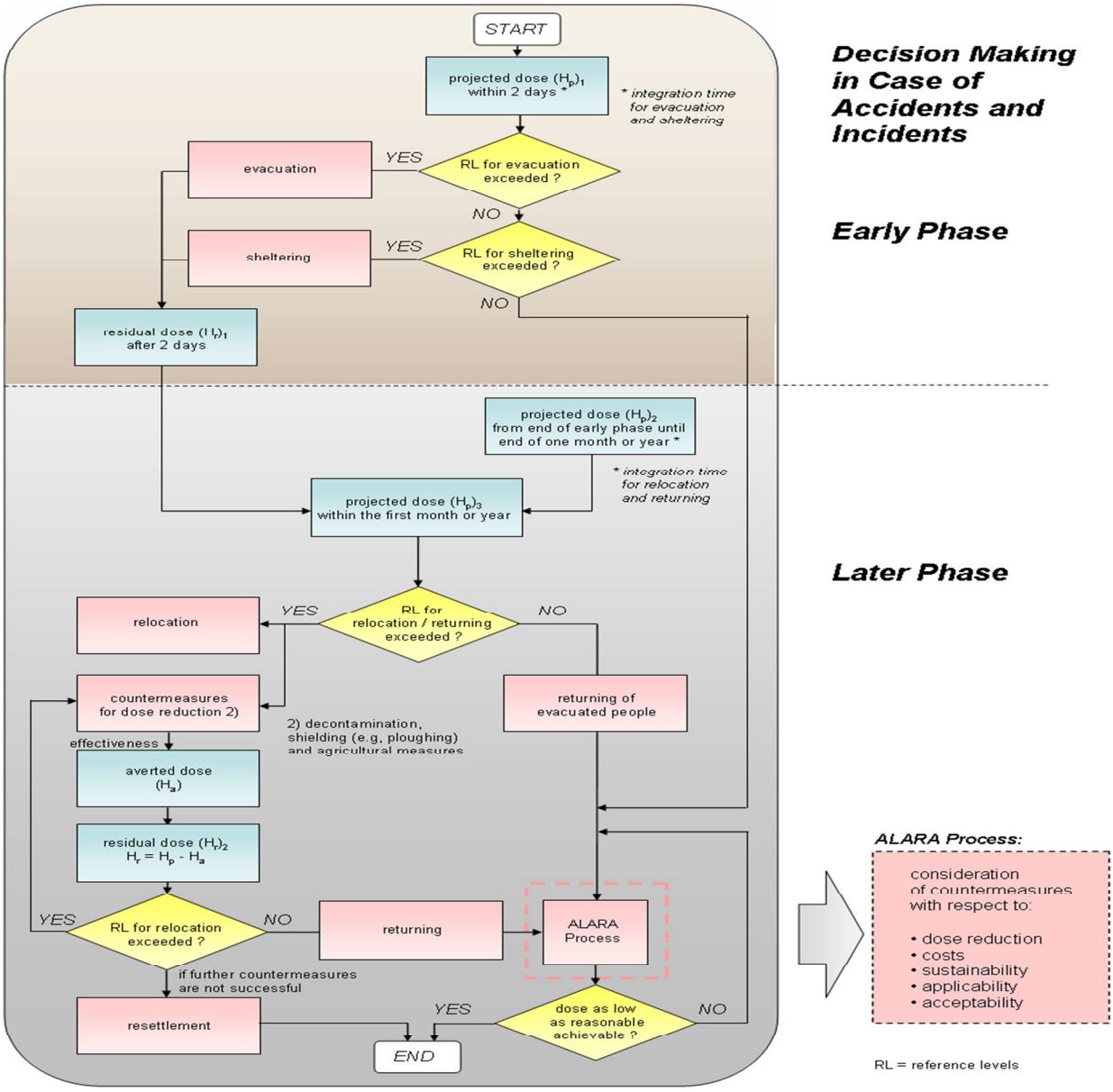
Elements of the "practicability of the protective iodine blocking"

1	Exposure pathways
2	Dosage and intake
2.1	Amount of intake dependent on the age
2.2	Multiple intake
2.3	Time and duration of intake
3	Contraindication
4	Physical and chemical requirements
4.1	Form of iodine for thyroid blocking
4.2	Long term stability
4.3	Amount of iodine per tablet and physical properties of the tablets
5	Stockpiling
6	Pre-distribution
6.1	Advantages
6.2	Disadvantages
6.3	Planning of predistribution
7	Distribution in an event
7.1	Advantages
7.2	Disadvantages
7.3	Planning of distribution in an event
8	Linked actions
9	Communication
9.1	Information and Instructions
9.2	Leaflet – content

34. (Flow chart of decision making; - source: *E.Wirth*)

Q101 (Type 4) Do you agree with the system of decision making in the early and a later phase case of an accident which is illustrated in the following Figure.

(In the figure "thyroid blocking" is not mentioned because it is an independent and a "simple" yes or no decision)



"Strategic aspects"

Q102 (priority list)

What are the key issues in „nuclear emergency management" ?
Please give the combinations A, B, .. of issues priorities from 1 to 6
(highest priority = **1, 2, 3, 4, 5, 6** = lowest priority)

No.	**Combinations** (values with respect to "***emergency phases***" **and** "***internationality***")	**Priority**
A	"*Preparedness in the planning stage*" **and** "*national solution*"	
B	"Preparedness in the planning stage" **and** "*international solution*"	
C	"response and crisis management in the early phase" **and** "*national solution*"	
D	"response and crisis management in the early phase" **and** "*international solution*"	

E	"consequence and recovery management in the intermediate and late phase" **and** "*national solution*"	
F	"consequence and recovery management in the intermediate and late phase" **and** "*international solution*"	

otherwise:

"no answer"		

Q103 (priority list)

Which elements of nuclear emergency preparedness should be internationally harmonized ?

Please give the elements A, B, … priorities from 1 to 4
(highest priority = **1, 2, 3, 4,** = lowest priority)

No.	Elements of nuclear preparedness	Priority
A	"criteria for the alerting of the disaster response authority by the operators of nuclear facilities ("**alert criteria**")	
B	"basic recommendations for disaster response in the areas surrounding nuclear installations ("**basic recommendations**")	
C	"radiological bases for decisions on measures how to protect the population in case of accidents that cause releases of radionuclides" ("**radiological fundamentals**")	
D	"survey of measures to reduce radiation exposures following events with not insignificant radiological consequences" ("**catalogues of countermeasures**")	

otherwise:

"no answer"		

Q104 (priority list)

The international information exchange on "best practices" on different subjects in the field of emergency management is of great importance. Which subjects listed below take precedence over which other subjects?

Please give the elements A, B, … priorities from 1 to 11
(highest priority = **1, 2, 3, 4, …, 10, 11** = lowest priority)

No.	Elements of nuclear emergency management	Priority in information exchange
A	"Basic concepts in radiation protection and emergency preparedness and response" (including action levels)	
B	"Scenarios of nuclear and radiological emergencies" (for exercises)	
C	"Transfer processes to environment (exposure pathways, atmospheric dispersion and deposition, transfer to food chain and man)"	
D	"International recommendations, safety guides, etc. on protection of people in emergency exposure situations"	
E	"(national) emergency organisation and emergency plans"	
F	"International and multilateral projects on nuclear emergency issues and their outcomes" (e.g. IAEA projects, EC pojects, contributions for action plans of international organizations)	
G	"Concepts on countermeasures and practical aspects in the early phase of an accident"	
H	"Decision support systems" (e.g. RODOS) and other computer codes for off-site	

	emergency management (e.g. a web based "Electronic Situation Display" as a national platform for information exchange between disaster control authorities)	
I	"Monitoring and data management for nuclear emergencies in the early phase and the later phase"	
J	"Management in the later phase of an emergency" (food production, inhabited areas, recovery planning)	
K	"Risk communication and public communication in emergency situations	

otherwise:

"no answer"		

16.3 Antwortbogen (answer sheets)

Please fill in the present ANSWER SHEETS (word document)

A: „Personal Data":

(***for all interviewees***)

17. P1 first letter of your first name: ___
18. P2 first letter of your last name: ___
19. P3 date of birth (dd.mm.yy): ___ ___ ___

Only for ***non-anonymous interviewees:***

20. P4 first name: _____
21. P5 last name: _____
22. P6 date of birth (dd.mm.yy): ___ ___ ___
23. P7 name and address of your institute / authority: _____

_____

_____

24. P8 your phone no: _____
25. P9 your e-mail address: _____

_____

B: „Private key" for de-personalization of your reply:

10. P10 Your private key" (8 characters) : _ _ _ _ _ _ _ _

C: Data belonging to stakeholder entities (for classification of "stakeholder groups"):

26. P11 Are you member of an authority (Y/N): __
if "Yes", are you
- P12 decision maker (D), senior expert (S), advisor (A) (D/S/A) : ____

27. P13 Are you advisor of an authority (e.g. “external expert”) (Y/N): __

28. P14 Are your currently involved in “nuclear emergency preparedness and response issues” (Y/N): __

29. P15 Is your educational background science-oriented (Y/N): __

30. P16 Is your educational background legal-oriented (Y/N): __

31. P17 Are you member / participant of the following relevant international organizations

- P18 ICRP (Y/N): __
- P19 IAEA / Competent Authorities (of Nuclear Accident or Radiological Emergency States Parties) (Y/N): __
- P20 NEA / CRPPH (Y/N): __
- P21 NEA / WPNEM (Y/N): __
- P22 EU / ECURIE Competent Authorities (Y/N): __
- P23 EU / EURANOS Consortium (Y/N): __
- P24 Others (e.g. WHO/RANET, IRPA, UNSCEAR): (Y/N): __
  if Yes: please specify Text : _____

D: Questions referring to opinions (see attached pdf-document):

(for Instructions see “Q-Questions” (= associated pdf- document)

Q001 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q002 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q003 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q004 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q005 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q006 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q007 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q008 (Type 3)

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q009 (Type 3)

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q010 (Type 3)

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q011 (Type 3

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q012 (Type 5)

◀— I disagree ————| |———— I agree —▶				No answer	very important
— —	—	+	++	NA	VI

Q013 (Type 5)

◀— I disagree ————| |———— I agree —▶				No answer	very important
— —	—	+	++	NA	VI

Q014 (Type 5

◀— I disagree ————| |———— I agree —▶				No answer	very important
— —	—	+	++	NA	VI

Q015 (Type 5)

◀— I disagree ————| |———— I agree —▶				No answer	very important
— —	—	+	++	NA	VI

Q016 (Type 5)

◀— I disagree ————| |———— I agree —▶				No answer	very important
— —	—	+	++	NA	VI

Q017 (Type 3)

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q018 (Type 3)

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q019 (Type 3

yes	no	No answer (NA)	very important (VI)

Q020 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q021 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q022 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q023 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q024 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q025 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q026 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q027 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q028 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q029 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q030 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q031 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q032 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q033 (Type 5)

◄— I disagree ————|		|———— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q034 (Type 3

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q035 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q036 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q037 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q038 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q039 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q040 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q041 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q042 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q043 (Type 3

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q044 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q045 (Type 1)

◄— I disagree					I agree —►	
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Q046 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q047 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q048 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q049 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q050 (Type 4)

◄— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —►									
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q051 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q052 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q053 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q054 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q055 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q056 (Type 5)

◄— I disagree ————| |————— I agree —►		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q057 (Type 4)

◄— I disagree ————| "neutral" |———————— I agree —►										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q058 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q059 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q060 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q061 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q062 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q063 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q064 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q065 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q066 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q067 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q068 (Type 5)

◄— I disagree ————|	|————— I agree —►	
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q069 (Type 4)

◄— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —►										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q070 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q071 (Text)

Q072 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q073 (Text)

Q074 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q075 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q076 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q077 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q078 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q079 (Type 4)

◄— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —►										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q080 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q081 (Type 1)

◄— I disagree					I agree —►
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Q082 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q083 (Type 4)

◀— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —▶										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q084 (Type 4)

◀— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —▶										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

Q085 (Type 1)

◀— I disagree					I agree —▶
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Q086 (Type 1)

◀— I disagree					I agree —▶
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Q087 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q088 (Type 5)

◀— I disagree ————| |————— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q089 (Type 5)

◀— I disagree ————| |————— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q090 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q091 (Type 5)

◀— I disagree ————| |————— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q092 (Type 5)

◀— I disagree ————| |————— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q093 (Type 3)

yes	no

No answer (NA)	very important (VI)

Q094 (Type 5)

◀— I disagree ————|	|———— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q095 (Type 5)

◀— I disagree ————|	|———— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q096 (Type 5)

◀— I disagree ————|	|———— I agree —▶		
— —	—	+	++

No answer	very important
NA	VI

Q097 (Type 1)

◀— I disagree					I agree —▶	
— — —	— —	—	0	+	+ +	+ + +

No answer	very important
NA	VI

Q098 (Type 2)

◀— I disagree							I agree —▶			
0 %	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

No answer	very important
NA	VI

Q099 (Type 2)

◀— I disagree							I agree —▶			
0 %	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

No answer	very important
NA	VI

Q100 (Type 2)

◀— I disagree							I agree —▶			
0 %	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

No answer	very important
NA	VI

Q101 (Type 4)

◀— I disagree ————| "neutral" |————— I agree —▶										
-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5

No answer	very important
NA	VI

"Strategic aspects"

Q102 (priority list)

What are the key issues in „nuclear emergency management" ?
Please give the combinations A, B, .. of issues priorities from 1 to 6
(highest priority = **1, 2, 3, 4, 5, 6** = lowest priority)

	Combinations	

No.	(values with respect to "***emergency phases***" **and** ***"internationality***")	Priority
A	"*Preparedness in the planning stage*" **and** "*national solution*"	
B	"Preparedness in the planning stage" **and** "*international solution*"	
C	"response and crisis management in the early phase" **and** "*national solution*"	
D	"response and crisis management in the early phase" **and** "*international solution"*	
E	"consequence and recovery management in the intermediate and late phase" **and** "*national solution"*	
F	"consequence and recovery management in the intermediate and late phase" **and** "*international solution"*	

otherwise:

"no answer"		

Q103 (priority list)

Which elements of nuclear emergency preparedness should be internationally harmonized ?

Please give the elements A, B, … priorities from 1 to 4
(highest priority = **1, 2, 3, 4,** = lowest priority)

No.	Elements of nuclear preparedness	Priority
A	"criteria for the alerting of the disaster response authority by the operators of nuclear facilities ("**alert criteria**")	
B	"basic recommendations for disaster response in the areas surrounding nuclear installations ("**basic recommendations**")	
C	"radiological bases for decisions on measures to protect the population in case of accident-caused releases of radionuclides" ("**radiological fundamentals**")	
D	"survey of measures to reduce radiation exposures following events with not insignificant radiological consequences" ("**catalogues of countermeasures**")	

otherwise:

"no answer"		

Q104 (priority list)

The international information exchange on "best practices" on different subjects in the field of emergency management is of great importance. Which subjects listed below take precedence over which other subjects?

Please give the elements A, B, … priorities from 1 to 11
(highest priority = **1, 2, 3, 4, …, 10, 11** = lowest priority)

No.	Elements of nuclear emergency management	Priority in information exchange
A	"Basic concepts in radiation protection and emergency preparedness and response" (including action levels)	
B	"Scenarios of nuclear and radiological emergencies" (for exercises)	
C	"Transfer processes to environment (exposure pathways, atmospheric dispersion and deposition, transfer to food chain and man)"	
D	"International recommendations, safety guides, etc. on protection of people in emergency exposure situations"	
E	"(national) emergency organisation and emergency plans"	

F	“International and multilateral projects on nuclear emergency issues and their outcomes” (e.g. IAEA projects, EC pojects, contributions for action plans of international organizations)	
G	“Concepts on countermeasures and practical aspects in the early phase of an accident”	
H	“Decision support systems” (e.g. RODOS) and other computer codes for off-site emergency management (e.g. a web based "Electronic Situation Display" as a national platform for information exchange between disaster control authorities)	
I	“Monitoring and data management for nuclear emergencies in the early phase and the later phase”	
J	“Management in the later phase of an emergency” (food production, inhabited areas, recovery planning)	
K	“Risk communication and public communication in emergency situations	

otherwise:

“no answer”		

Literaturverzeichnis

Abdelgawad, Hossam/Abdulhai, Baher (2010): Managing Large-Scale Multimodal Emergency Evacuations . In: *Journal of Transportation Safety & Security*, 2 (2), 122–151. [Abdelgawad/Abdulhai 2010].

Albrecht, Harro (2012): Navi durch das Chaos. Ein ägyptischer Verkehrsplaner entwickelt in Kanada die optimale Evakuierungsstrategie . In: *Die Zeit. Nr. 45*, 31. Oktober 2012. [Albrecht 2012].

Alexijewitsch, Swetlana (2006): Stimmen aus Tschernobyl . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 27. März 2006*, APuZ 13 , 3–11. [Alexijewitsch 2006].

Alger, Justin (2008): A Guide to Global Nuclear Governance: Safety, Security and Nonproliferation . The Centre for International Governance Innovation (CIGI). Text abrufbar unter: http://www.cigionline.org/sites/default/files/A%20Guide%20to%20Nuclear%20Power.pdf (Zugriff am 23.2.2013). [Alger 2008].

Aoki, Masahiko/Rothwell, Geoffrey (2011): Coordination under uncertain conditions: an analysis of the Fukushima catastrophe. Asian Development Bank Institute. [Aoki/Rothwell 2011].

Arrow, Kenneth Joseph (1978): Social Choice and Individual Values. 9. printing. New Haven: Yale University Press. [Arrow 1978].

ATSDR (1999): A Toxicological Profile for Ionizing Radiation. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [ATSDR 1999].

Aulbach, Christian (2008): Global Governance nuklearer Risiken: die internationale Zusammenarbeit zur Verbesserung der Kernenergiesicherheit in Osteuropa. Baden-Baden: Nomos. [Aulbach 2008].

AVV §47 StrSchV (2012): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 47 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen. Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung Drucksache 88/12 15.02.12. Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft. [AVV §47 StrSchV 2012].

Bader, Jeffrey A. (2012): Inside the White House During Fukushima. Managing Multiple Crises . Text abrufbar unter: http://www.foreignaffairs.com/articles/137320/jeffrey-a-bader/inside-the-white-house-during-fukushima (Zugriff am 7.4.2012). [Bader 2012].

Baggenstos, Martin (1994): Elemente des anlageninternen Notfallschutzes. Eine Übersicht . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 25–31. [Baggenstos 1994].

Baggenstos, Martin/Bayer, Anton (1994): Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz: München, 19. - 21. Oktober 1994. Köln: Verl. TÜV Rheinland. [Baggenstos/Bayer 1994].

Bamberg, Günter/Baur, Franz (2001): Statistik. 11. Aufl. München: Oldenbourg. [Bamberg/Baur 2001].

Barnett, Michael N./Finnemore, Martha (2004): Rules for the world: international organizations in global politics. Ithaca, N.Y: Cornell University Press. [Barnett/Finnemore 2004].

Bayer, Anaton/Baggenstos, Martin (Hrsg.) (1997): Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997. Köln: Verlag TÜV Rheinland. [Bayer/Baggenstos 1997].

Bayer, Anton (1997): Information von Behörden, Medien und der Bevölkerung im Ereignisfall; eine wesentliche Komponente des nuklearen Notfallschutzes . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, 3–12. [Bayer 1997].

Bayer, Anton/Bittner, Sabine/Krüger, F.W. (2001a): Aus- und Weiterbildung im nuklearen Notfallschutz. Vorschlag für ein Programm (Curriculum) . Präsentiert auf: Seminar des AKN vom 28. - 30. März 2001 in München, 2001, *Messen und Rechnen im nuklearen Notfallschutz*, TÜV Rheinland, 347–377. [Bayer et al. 2001a].

Bayer, Anton/Bittner, Sabine/Krüger, F.W. (2001b): Elemente des nuklearen Notfallschutzes. Eine Merkposten-Aufstellung . Präsentiert auf: Seminar des AKN vom 28. - 30. März 2001 in München, 2001, *Messen und Rechnen im nuklearen Notfallschutz*, Köln: TÜV Rheinland, 335–346. [Bayer et al. 2001b].

Bayer, Anton/Faleschini, Hans/Krüger, Siegfried/Strobl, Christopher (Hrsg.) (2007): Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen: Augsburg, 25. bis 27. April 2007. Köln: TÜV Media. [Bayer et al. 2007].

Bayer, Anton/Kirchinger, Werner/Reiners, Christoph/Schneider, Rita (Hrsg.) (2008): Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz und des Deutschen WHO REMPAN-Zentrums an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg ; Würzburg, 2. bis 4. April 2008. Köln: TÜV Media. [Bayer et al. 2008].

Bayer, Anton/Leonardi, Anna (Hrsg.) (2001): Messen und Rechnen im nuklearen Notfallschutz: München, 28. - 30. März 2001. Köln: TÜV-Verl. [Bayer/Leonardi 2001].

Bayer, Anton/Lombard, Jaques/Rauber, Dominique (Hrsg.) (1999): Grenzüberschreitender Notfallschutz. Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999. Köln: TÜV-Verlag. [Bayer et al. 1999].

Bayer, Anton/Rauber, Dominique (1999): Der grenzüberschreitende nukleare Notfallschutz . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 1–12. [Bayer/Rauber 1999].

Bayer, Anton/Wirth, Erich/Haubelt, R./König, K./Ettenhuber, E./Winkelmann, I./Rühle, H. (1996): Kontamination und Strahlenexposition in Deutschland nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl . In: Zehn Jahre nach Tschernobyl, eine Bilanz. Gustav Fischer, 127–152. [Bayer et al. 1996a].

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2006): Radioaktivität, Röntgenstrahlen und Gesundheit. München. [Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz 2006].

Beck, Ulrich (2002): Macht und Gegenmacht im globalen Zeitalter: neue weltpolitische Ökonomie. Frankfurt, M.: Suhrkamp. [Beck 2002].

Beck, Ulrich (2007): Weltrisikogesellschaft: auf der Suche nach der verlorenen Sicherheit. Frankfurt: Suhrkamp. [Beck 2007].

Becker, Kurt (1979): Kanzlers Kernfrage: Wieviel Kernkraft?. Taktik hilft Helmut Schmidt nicht mehr weiter. In: *Die Zeit. Nr. 20*, Mai 1979, 1. [Becker 1979].

Behrens, Maria (2010): Global Governance . In: Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss., 104–124. [Behrens 2004].

Belgien (2010): The use of iodine tablets (65 mg potassium iodide per tablet) in the event of nuclear or radiological emergencies. Information leaflet for the public . Text abrufbar unter: http://www.nuclearrisk.be/sites/default/files/leaflet_ki_0.pdf (Zugriff am 23.6.2013). [Belgien 2010].

Bender, Bernd/Sparwasser, Reinhard (1988): Umweltrecht: eine Einführung in das öffentliche Recht des Umweltschutzes. Heidelberg: Müller. [Bender/Sparwasser 1988].

Benhabib, Seyla (2009): Unterwegs zu einer kosmopolitischen Demokratie? Die Kontroverse um internationales Recht und demokratische Souveränität . In: *Neue Züricher Zeitung*, 13. Juni 2009. [Benhabib 2009].

Benz, Arthur (2004a): Governance - Modebegriff oder nützliches sozialwissenschaftliches Konzept? . In: Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss., 9–28. [Benz 2004a].

Benz, Arthur (2004b): Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen: eine Einführung. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. [Benz 2004b].

Benz, Arthur (2004c): Multilevel Governance – Governance in Mehrebenensystemen . In: Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen: eine Einführung. Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss., 125–146. [Benz 2004c].

Berndt, Ralph (1996): Marketing. 3. Aufl. Berlin / Heidelberg: Springer. [Berndt 1996].

Bethge, Klaus/Walter, Gertrud/Wiedemann, Bernhard (2007): Kernphysik Eine Einführung. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. [Bethge et al. 2007].

Betzl, Herbert (2008): Nukleare Katastrophenschutzplanung am Beispiel des Freistaates Bayern . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2008, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, TÜV Media, 85–94. [Betzl 2008].

BfS (2013): RS-Handbuch. Bekanntmachungen des BMU und des vormals zuständigen BMI . Bundesamt für Strahlenschutz. Text abrufbar unter: http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/bmu (Zugriff am 24.10.2013). [BfS 2013].

Bittner, Sabine (1994): Der Maßnahmenkatalog als Hilfsmittel für das Ergreifen von Schutzmaßnahmen . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 240–249. [Bittner1994].

Bittner, Sabine/Burkart, Klaus/Edelhäuser, Hannes (1997): Entgegennahme und Bearbeitung von Meldungen und Informationen innerhalb der Bundesregierung sowie Meldungen an EU, IAEO und Nachbarstaaten . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 77–85. [Bittner et al. 1997].

Blumer, Felix (1999): Grenzüberschreitende Information – ein Problem vierter Dimension . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 175–181. [Blumer 1999].

BMBF (2013): Forschung für die zivile Sicherheit. Gesellschaftliche Dimensionen. Bundesministerium für Bildung und Forschung. [BMBF 2013].

BMU (2003): Internationaler Vergleich der Modelle und Parameter zur Entscheidungsbegründung in Notfallsituationen. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [BMU 2003].

BMU (2010a): 14. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [BMU 2010a].

BMU (2010b): Einnahme von Iodtabletten als Schutzmaßnahme bei einem schweren Kernkraftsunfall - Informationsbroschüre . Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Text abrufbar unter: http://www.jodblockade.de/fileadmin/template/downloads/01_Broschuere_Jodblockade_01.pdf (Zugriff am 4.7.2012). [BMU 2010b].

BMU (2010c): Einnahme von Jodtabletten als Schutzmaßnahme bei einem schweren Unfall in einem Kernkraftwerk – Kurzinformation . Bundesumweltministerium. Text abrufbar unter: http://www.jodblockade.de/fileadmin/user_upload/downloads/02_Flyer_Jodblockade_01.pdf (Zugriff am 23.6.2013). [BMU 2010c].

BMU (2012): Übereinkommen über nukleare Sicherheit. Bericht der Regierung der Bundesrepublik Deutschland für die Zweite außerordentliche Tagung im August 2012. Bonn: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [BMU 2012].

BMU (2013): Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012. Stand 29. November 2013 . In: Text abrufbar unter: http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Atomenergie/Sicherheitsanforderungen_Kernkraftwerke-bf.pdf (Zugriff am 25.10.2013). [BMU 2013].

BMWi (2013): Der Europäische Wirtschafts- und Sozialausschuss: Ihre Stimme in Europa . Text abrufbar unter: http://www.bmwi.de/DE/Themen/europa,did=375418.html (Zugriff am 30.8.2013). [BMWi 2013].

Bodansky, David (2004): Nuclear energy: principles, practices, and prospects. 2. Aufl. New York: Springer. [Bodansky 2004].

Bortz, Jürgen/Döring, Nicola (2006): Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler. 4. Aufl. Berlin: Springer. [Bortz/Döring 2006].

Bortz, Jürgen/Lienert, Gustav A (2003): Kurzgefaßte Statistik für die klinische Forschung: Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben. Heidelberg; Berlin: Springer. [Bortz/Lienert 2003].

Börzel, Tanja/Risse, Thomas (2005): Public-Private Partnerships. Effective and Legitimate Tools of International Governance . In: Toronto [Ont.]: University of Toronto Press, 195–216. [Börzel/Risse 2005].

Bouyssou, D./Marchant, Thierry/Pirlot, Marc/Perny, Patrice/Tsoukias, Alexis/Vincke, Philippe (2000): Evaluation and decision models: a critical perspective. Boston: Kluwer Academic Publishers. [Bouyssou et al. 2000].

Braese, Hanns-Hendrik (1997): Die Vorab-Information der Bevölkerung - Vorschlag für eine bundeseinheitliche Informationsbroschüre . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 167–175. [Braese 1997].

Breuskin, Patrick/Jerusalem, Natasha/Majerus, Patrick (2010): Harmonizing the intervention levels for stable iodine prophylaxis and related countermeasures . In: *CONTRÔLE*, 189 , 58–59. [Breuskin et al. 2010].

Brühl, Tanja/Debiel, Tobias/Hamm, Brigitte/Hummel, Hartwig/Martens, Reinhard (Hrsg.) (2001): Die Privatisierung der Weltpolitik: Entstaatlichung und Kommerzialisierung im Globalisierungsprozess. Bonn: J.H.W. Dietz. [Brühl et al. 2001].

Brunner, Hansheinri (1999): Internationale Notfallübungen der NEA/OECD . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 190–197. [Brunner 1999].

Bühler, Othmar (1999): Sinn und Zweck von bilateralen Abkommen – eine allgemeine Übersicht . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 75–82. [Bühler 1999].

Bundesamt für Strahlenschutz (2006): Tschernobyl – 20 Jahre danach. Salzgitter. [Bundesamt für Strahlenschutz 2006].

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland Stand 2011. Methoden, Daten und Bewertung, Auswirkungen der Ereignisse in Fukushima. Bericht der Leitstellen des Bundes und des Bundesamtes für Strahlenschutz. [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012].

Bundestag (1986): Bericht der Bundesregierung über den Reaktorunfall in Tschernobyl und seine Konsequenzen für die Bundesrepublik Deutschland. Bonn. [Bundestag 1986].

Bundestag (2002): Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten. Schlussbericht der Enquete-Kommission. Bundestag Drucksache 14/9200. [Bundestag 2002].

Bundestag (2010): Nuklearer Katastrophenfall – Katastrophenschutz und Evakuierung". Antwort der Bericht der Bundesregierung auf eine Kleine Anfrage. Berlin. [Bundestag 2010].

Bundestag (2013): Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 18. Legislaturperiode. Berlin, 27. November 2013. Berlin. [Bundestag 2013].

Bünemann, Dietrich (1992): Von der Kernspaltung zum Kernkraftwerk. München; Wien: Hanser. [Bünemann 1992].

Burchfield, Larry A. (2009): Radiation safety: protection and management for homeland security and emergency response. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons. [Burchfield 2009].

Bürger, Manfred/Buck, Michael/Pohlner, Georg/Starflinger, Jörg (2011): Fukushima: Gefahr gebannt? Lernen aus der Katastrophe. Beilage: Ende des Atomzeitalters? . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 14. November 2011*, 46/47 , 36–41. [Bürger et al. 2011].

Charpak, George (2000): Ausbruch aus der ideologischen Erstattung . In: Streit ums Atom: Deutsche, Franzosen und die Zukunft der Kernenergie. München: Piper, 61–79. [Charpak 2000].

Chroniknet (2012): Tageseinträge für 2. März 1986 . Text abrufbar unter: http://www.chroniknet.de/daly_de.0.html?year=1986&month=3&day=02 (Zugriff am 20.10.2012). [Chroniknet 2012].

Claus, Frank/Zander, Natalie (2010): Erfahrungen aus einer Kommunikationsübung unter Beteiligung von Öffentlichkeit und Medien . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2010, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, Köln: TÜV Media, 313–322. [Claus/Zander 2010].

Cleveland, William S (1979): Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots . In: *Journal of the American statistical association*, 74 (368), 829–836. [Cleveland 1979].

Cleveland, William S (1981): LOWESS: A program for smoothing scatterplots by robust locally weighted regression . In: *American Statistician*, 54–54. [Cleveland 1981].

Coase, Ronald H. (1937): The Nature of the Firm. In: *Economica*, 4 (16), 386–405. [Coase 1937].

Comfort, Louise/Miller, Carrie (2012): Decision-making under uncertainty. The Three Mile Island nuclear accident from multiple perspectives. Case study. [Comfort/Miller 2004].

Common Report (2007): Common Report on Trans-Border Harmonization of Iodine Prophylaxis and other linked Protective Actions in the First Hours of an Accident in Belgium, France, Germany, Luxembourg and Switzerland, Collective Report 2007 . (unveröffentlicht) [Common Report 2007].

De Cort, Marc/de Vries, Gerhard/Galmarini, Stefano/Tanner, Vesa (2011): International data and information exchange in Europe - systems to assist the EU Member States in radiological and nuclear emergency situations . In: *Radioprotection*, 46 (6), 751–757. [De Cort et al. 2011].

Cutler, A. Claire/Haufler, Virginia/Porter, Tony (Hrsg.) (1999): Private authority and international affairs. Albany: State University of New York Press. [Cutler et al. 1990].

Czada, Roland M. (1990): Politics and administration durig a „nuclearpolitical" crisis . In: *Contemporary Crisis*, 14 , 285–311. [Czada 1990].

Czada, Roland M. (1991): Muddeling through a nuclear-political emergency: multilevel crisis management in West Germany after radioactive fallout from Chernobyl . In: *Industral Crisis Quarterly*, 5 , 293–322. [Czada 1991].

Daase, Christopher (2010): Der erweiterte Sicherheitsbegriff. Frankfurt. [Daase 2010].

Demtröder, Wolfgang (2010): Experimentalphysik 4: Kern-, Teilchen- und Astrophysik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. [Demtröder 2010].

DFIU/Bundesamt für Strahlenschutz (2004): Ergebnisprotokoll EVATECH - Workshop 17./18. Aug. 2004. Diskussion landwirtschaftlicher Maßnahmen anhand eines fiktiven nuklearen Unfallszenarios . Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU): (unveröffentlicht) [DFIU/Bundesamt für Strahlenschutz 2004].

Diehl, Johannes Friedrich (2003): Radioaktivität in Lebensmitteln. Weinheim: Wiley-VCH. [Diehl 2003].

Dombrowsky, Wolf R. (1997): Wahrnehmung und Verarbeitung stör- und unfallrelevanter Informationen . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 261–270. [Dombrowsky 1997].

Dörschel, Birgit/Schuricht, Volkmar/Steuer, Joachim (1992): Praktische Strahlenschutzphysik. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. [Dörschel et al. 1992].

Draude, Anke/Schmelzle, Cord/Risse, Thomas (2012): Grundbegriffe der Governanceforschung. Berlin. [Draude et al. 2012].

Duller, Christine (2008): Einführung in die nichtparametrische Statistik mit SAS und R: ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch. Heidelberg: Physica-Verlag. [Duller 2008].

Dumas, Jaques/Neumann, Wolfgang (1999): Zusammenarbeit der privaten Firmen Groupe Intra und Kerntechnische Hilfsdienst GmbH . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 235–242. [Dumas/Neumann 1999].

Eberbach, Friedrich/Kaspar, Dieter (1997): Grenzüberschreitender Notfallschutz: Ansätze zur Abstimmung von Informationen für Medien und Bevölkerung beiderseits der Grenze . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 184–189. [Eberbach/Kaspar 1997].

Eberbach, Friedrich/Narrog, Jürgen/Schnadt, Horst (2002): Der neue Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophensschutzleitung bei kerntechnischen Unfällen . Präsentiert auf: AKN Seminar Kloster Seeon, 21. - 25. April 2002, 2002, *Praxis des Strahlenschutzes: messen, modellieren, dokumentieren*, Köln: TÜV-Verl., 519–526. [Eberbach et al. 2002].

Eder, Erwin (1997): Aufnahme, Bearbeitung und Weiterleitung der Meldung durch die atomrechtliche Aufsichtsbehörde und durch die Behörden der inneren Verwaltung eines Landes . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verl. TÜV Rheinland. [Eder 1997].

Eerkens, Jeff W. (2010): The nuclear imperative: a critical look at the approaching energy crisis (more physics for presidents). 2nd ed. Dordrecht ; New York: Springer. [Eerkens 2010].

Ehrhardt, Joachim (2001): Installation des RODOS Systems im Europäischen Raum . Präsentiert auf: Seminar des AKN vom 28. - 30. März 2001 in München, 2001, *Messen und Rechnen im nuklearen Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verl., 248–257. [Ehrhardt 2001].

Eisenführ, Franz/Weber, Martin (1999): Rationales Entscheiden. 3. Aufl. Berlin: Springer. [Eisenführ/Weber 1999].

Emde, Franz August (1997): Information der Medien und der Bevölkerung durch Bundesbehörden . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 135–143. [Emde 1997].

ENSI (2011): Analyse Fukushima 11032011. Vertiefende Analyse des Unfalls in Fukushima am 11. März 2011 unter besonderer Berücksichtigung der menschlichen und organisatorischen Faktoren. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat. [ENSI 2011].

ENSI (2012): ENSI-Stellungnahme zu ausgewählten Aspekten des Fachgutachtens KKM der österreichischen Umweltbundesamt GmbH. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat. [ENSI 2012].

EPAL (2008): Results of the Working Group on „Emergency Preparedness and Action Levels". Interim Report . (unveröffentlicht) [EPAL 2008].

EPAL (2010): Results of the Working Group on „Emergency Preparedness and Action Levels (Interim Report, June 2010) . Präsentiert auf: "Fifth meeting of the Heads of European Radiation Control Authorities", Oslo, Norway. 30th June 2010, 2010,. (unveröffentlicht) [EPAL 2010].

Erne, Leo (1997): Information der Medien und der Öffentlichkeit durch den Anlagenbetreiber. Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, 25–31. [Erne 1997].

EURATOM (1996): EURATOM 96/29 (1996): Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen. [EURATOM 1996].

EURATOM (2013): Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. Brüssel: Europäische Kommission. [EURATOM 2013].

Europäische Kommission (2011a): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament zum Zwischenbericht über die umfassenden Risiko- und Sicherheitsbewertungen („Stresstests") von Kernkraftwerken in der Europäischen Union. [Europäische Kommission 2011a].

Europäische Kommission (2011b): Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung. Vorlage eines Entwurfs nach Artikel 31 Euratom-Vertrag zur Stellungnahme durch den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss. Brüssel. [Europäische Kommission 2011b].

Europäische Kommission (2012a): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die umfassenden Risiko- und Sicherheitsbewertungen („Stresstests") von Kernkraftwerken in der Europäischen Union und damit verbundene Tätigkeiten. Brüssel. [Europäische Kommission 2012a].

Europäische Kommission (2012b): Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung. Begründung. [Europäische Kommission 2012b].

Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss (2012): Stellungnahme betreffend „Abschlussbericht AKW-Stresstests" (Mitteilung). Brüssel. [Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2012].

Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss (2013): Stellungnahme zu der „Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die umfassenden Risiko- und Sicherheitsbewertungen („Stresstests") von Kernkraftwerken in der Europäischen Union und damit verbundene Tätigkeiten. [Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss 2013].

Europäisches Parlament (2012): Entwurf eines Entschliessungsantrags zur Risiko- und Sicherheitsbewertungen („Stresstests“) von Kernkraftwerken in der Europäischen Union und damit verbundenen Tätigkeiten. [Europäisches Parlament 2012].

European Commission (2007): Off-Site Nuclear Emergency Management and Restauration of Contaminated Environments. Brussels. [European Commission 2007].

European Commission (2012a): European Atomic Energy Community Report. C(2012) 3196 final . Text abrufbar unter: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/20121114_euratom_report_cns_2thrm.pdf (Zugriff am 27.2.2013). [European Commission 2012a].

European Commission (2012b): Review of Current Off-Site Nuclear Emergency Preparedness and Response Arrangements in EU Member States and Neighbouring Countries. Invitation To Tender No. ENERG/D1/2012-474 . Text abrufbar unter: http://ec.europa.eu/dgs/energy/tenders/doc/2012/ener_d1_11072012_call_of_tender.pdf (Zugriff am 12.7.2012). [European Commission 2012b].

European Commission (2013a): Review of current off-site nuclear emergency preparedness and response arrangements in EU Member States and neighbouring countries. Contract notice (2012/S 131-216862). [European Commission 2013a].

European Commission (2013b): Review of Current Off-site Nuclear Emergency Preparedness and Response Arrangements in EU Member States and Neighbouring Countries. Final Report - Appendices (ENER/D1/2012-474) . Text abrufbar unter: http://ec.europa.eu/energy /nuclear/radiation_protection/doc/emergencypreparedness/2014_nep_epr_review_2012-474_main.pdf (Zugriff am 11.9.2014). [European Commission 2013b].

European Commission (2013c): Review of Current Off-site Nuclear Emergency Preparedness and Response Arrangements in EU Member States and Neighbouring Countries. Final Report - Main Text (ENER/D1/2012-474) . Text abrufbar unter: http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/emergencypreparedness/2014_nep_epr_review_2012-474_main.pdf (Zugriff am 11.9.2014). [European Commission 2013c].

Fernuniversität (2012): Studienordnung für den Studiengang „Politische Steuerung und Koordination (Governance)“ mit dem Abschluss „Master of Arts (M.A.)“ an der FernUniversität in Hagen vom 17. März 2003 (Stand 30.05.2007) . Text abrufbar unter: http://www.fernuni-hagen.de/KSW/download/ordnungen/archiv/sto_magov_0507.pdf. [Fernuniversität 2012].

Findlay, Trevor (2010a): The Future of Nuclear Energy to 2030 and its Implications for Safety, Security and Nonproliferation. Overview. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Findlay 2010a].

Findlay, Trevor (2010b): The Future of Nuclear Energy to 2030 and its Implications for Safety, Security and Nonproliferation. Part 1- The Future of Nuclear Energy to 2030. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Findlay 2010b].

Findlay, Trevor (2010c): The Future of Nuclear Energy to 2030 and its Implications for Safety, Security and Nonproliferation Part 2- Nuclear Safety. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Findlay 2010c].

Findlay, Trevor (2010d): The Future of Nuclear Energy to 2030 and its Implications for Safety, Security and Nonproliferation Part 3 -Nuclear Security. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Findlay 2010d].

Findlay, Trevor (2010e): The Future of Nuclear Energy to 2030 and its Implications for Safety, Security and Nonproliferation Part 4- Nuclear Nonproliferation. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Findlay 2010d].

Findlay, Trevor (2011): Nuclear energy and global governance: ensuring safety, security and non-proliferation. London ; New York: Routledge. [Findlay 2011].

Fischhoff, B./Slovic, P./Lichtenstein, L./Read, S./Combs, B. (1978): How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. In: *Policy Sciences*, 9 , 127–152. [Fischhoff et al. 1978].

Fréchette, Louise/Findlay, Trevor (2010): Energy and Global Governance to 2030. An Action Plan. Waterloo: Centre for International Governance Innovation (CIGI). [Fréchette Findlay 2010].

Friedel, M. (2008): Das Konzept der Dekontamination von Einsatzkräften der Bundespolizei einschließlich der Verletzten-Dekontamination . Präsentiert auf: 2008, *Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz und des Deutschen WHO REMPAN-Zentrums an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg ; Würzburg, 2. bis 4. April 2008*, 182–184. [Friedel 2008].

Fürst, Dietrich (2004): Regional Governance . In: Governance - Regieren in komplexen Regelsystemen. Eine Einführung. 45–64. [Fürst 2004].

Gale, Robert Peter (2013): Radiation: what it is, what you need to know. First edition. New York: Alfred A. Knopf. [Gale/Lax 2013].

Geldermann, Jutta (2006): Mehrzielentscheidungen in der industriellen Produktion (Habilitationsschrift). Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe. [Geldermann 2006].

Gering, Florian/Gerich, Brigitte/Wirth, Erich/Kirchner, Gerald (2012): Analyse der Vorkehrungen für den anlagenexternen Notfallschutz basierend auf den Erfahrungen aus dem Unfall in Fukushima. Studie des Bundesamtes für Strahlenschutz . [Gering et al. 2012].

Gering, Florian/Raskob, Wolfgang (2010): Einsatz von RODOS in der Übungsvorbereitung . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2010, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, Köln: TÜV Media, 55–58. [Gering/Raskob 2010].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1979): Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Eine Untersuchung zu dem durch Störfälle in Kernkraftwerken verursachten Risiko. Eine Studie d. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (Köln) im Auftrag des Bundesministers für Forschung und Technologie. Köln: TÜV Rheinland. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1979].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1989): Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke Phase B. Eine Zusammenfassende Darstellung. Köln. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1989].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1992): Sicherheitsanalyse für Siedewasserreaktoren. Eine zusammenfassende Darstellung. Köln. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1992].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (1996): Der Unfall und die Sicherheit der RBMK-Anlagen. Köln. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 1996].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (2012a): Fukushima Daiichi 11. März 2011 – Unfallablauf, Radiologische Folgen. Gesellschaft für Reaktorsicherheit. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012a].

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (2012b): Zusammenstellung der aktuell in anderen Ländern verwendeten Freisetzungsszenarien.Arbeitspaket 5.3.3. des FuE-Vorhabens 361S60040 „Überprüfung des Regelwerks zum anlagenexternen Notfallschutz“. Entwurf vom 30.09.2012. Köln. [Gesellschaft für Reaktorsicherheit 2012b].

Government of Japan (2010): Convention on Nuclear Safety. National Report of Japan for the Fifth Review Meeting. Government of Japan 2010].

Grande, Edgar (2006): Cosmopolitan Political Science . In: *The British Journal of Sociology*, 57 (1), 87–111. [Grande 2006].

Grande, Edgar (2009): Global Governance . In: Internationale Politik als Überlebensstrategie. München: Bayerische Landeszentrale für Politische Bildung, 257–274. [Grande 2009].

Grande, Edgar/Risse, Thomas (2000): Bridging the Gap. Konzeptionelle Anforderungen an die politikwissenschaftliche Analyse von Globalisierungsprozessen . In: *ZIB*, 235–266. [Grande/Risse 2000].

Groß, Jürgen (2010): Grundlegende Statistik mit R: eine anwendungsorientierte Einführung in die Verwendung der Statistik Software R. Wiesbaden: Vieweg + Teubner. [Groß 2010].

Grupen, Claus/Werthenbach, Ulrich/Stroh, Tilo (2008): Grundkurs Strahlenschutz Praxiswissen für den Umgang mit radioaktiven Stoffen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. [Grupen et al. 2008].

Haaf, Günter (1985): Harrisburg. Bilanz nach sechs Jahren . In: *Die Zeit. Nr. 17*, 19. April 1985, 8. [Haaf 1985].

Haas, Peter M. (1992): Epistemic Communities and International Policy Coordination . In: *International Organization*, 46 (1), 1–35. [Haas 1992].

Habermas, Jürgen (2004): Hat die Konstitutionalisierung des Völkerrechts noch eine Chance? In: Der gespaltene Westen. Frankfurt am Main, 113–193. [Habermas 2004].

Haferburg, Manfred (2011): WANO – Entwicklung, Programme und Herausforderungen . In: *atw*, 56. Jg. (2011) (Heft 2). Text abrufbar unter: http://www.kernenergie.de/kernenergie-

wAssets/docs/fachzeitschrift-atw/2011/atw2011_02_haferburg_wano.pdf (Zugriff am 24.10.2013). [Haferburg 2011].

Hägele, Günter/Pukelsheim, Friedrich (2004): Die Wahlsysteme des Nicolaus Cusanus . In: *Sitzungsberichte: Jahrgang 2001-2003 der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, 103–144. [Hägele/Pukelsheim 2004].

Hagenhoff, Svenja (2008): Innovationsmanagement für Kooperationen; eine instrumentenorientierte Betrachtung. Universitätsverlag Göttingen. [Hagenhoff 2008].

Hänsel, Horst/Neumann, Werner (1995): Physik. Atome, Atomkerne, Elementarteilchen. Heidelberg; Berlin; Oxford: Spektrum, Akad. Verl. [Hänsel/Neumann 1995].

Harnisch, Sebastian (2005): Das Proliferationsnetzwerk um A.Q. Kahn . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 28. November 2005*, 48 , 24–31. [Harnisch 2005].

Harten, Ulrich (2006): Physik für Mediziner: eine Einführung. 11. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York: Springer. [Harten 2006].

Hartwig, Marcel (2011): Der 11. September im nationalen Bewußtsein der USA . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 4. Juli 2011*, 27 , 31–37. [Hartwig 2011].

HERCA (2011): Emergency Preparedness Practical Guidance – Practicability of Early Protective Actions . Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities (HERCA). Text abrufbar unter: http://www.herca.org/documents/Practical%20Guidance%20-Practicability%20of%20Early%20Protective%20Actions_20110630.pdf (Zugriff am 25.6.2013). [HERCA 2011].

Hille, Ralf (1997): Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) zur Information von Behörden und Öffentlichkeit . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 97–105. [Hille 1997].

Von Hippel, Frank N. (2011): The radiological and psychological consequences of the Fukushima Daiichi accident. In: *Bulletin of the Atomic Scientists*, 67 , 27–36. [von Hippel 2011].

Huber, Michael (Hrsg.), (1990): Political patterns in the communication of uncertainties . In: Communicating with the public about major accident hazards. London ; New York : New York, NY, USA: Elsevier Applied Science ; Sole distributor in the USA and Canada, Elsevier Science, 491–509. [Huber 1990].

IAEA (1988): The Radiological Accident in Goiania. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 1988].

IAEA (1996): Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 1996].

IAEA (2002): Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2002].

IAEA (2007a): Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2007a].

IAEA (2007b): Integrated Regulatory Review Service (IRRS) to Japan. 25 to 30 June 2007. Tokyo: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2007b].

IAEA (2010): International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2010].

IAEA (2011a): Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2011a].

IAEA (2011b): Declaration by the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety in Vienna on 20 June 2011. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2011b].

IAEA (2011c): IAEA Action Plan on Nuclear Safety. September 2011. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2011c].

IAEA (2011d): IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety. Conference Documentation Vienna 20 -24 June 2011. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2011a].

IAEA (2011e): Ministerial Conference on Nuclear Safety. Vienna 20 -24 June 2011. Chairpersons Summaries. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2011c].

IAEA (2012a): DS457 - Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. Document Preparation Profile. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012a].

IAEA (2012b): Lessons learned from the Response to Radiation Emergencies (1945-2010). Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012b].

IAEA (2012c): Main Conclusions of the 2nd Extraordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention on Nuclear Safety. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012c].

IAEA (2012d): Nuclear Safety Review for the Year 2012. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012d].

IAEA (2012e): The Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety. Fukushima Prefecture, Japan, 15–17 December 2012. Chairpersons Summaries. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012e].

IAEA (2012f): The Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety. Fukushima Prefecture, Japan 15-17 December 2012. Koriyama City, Japan: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2012f].

IAEA (2012g): Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety. Report by the Director General. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 1012g].

IAEA (2013a): Actions to Protect the People in an Emergency due to Severe Coditions at a Light Water Reactor. Wien: International Atomic Energy Agency. [IAEA 2013a].

IAEA (2013b): Actions to Protect the Public in an Emergency at a Nuclear Power Plant with a Light Water Reactor or an RBMK. Wien. (draft version, to be published). [IAEA 2013b].

IAEA (2013c): INES The International Nuclear and Radiological Event User's Manual. International Atomic Energy Agency. [INES 2013c].

ICRP (1991): Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. In: *International Commission on Radiological Protection 63*, Annals of the ICRP 22 (4) (4). [ICRP 1991].

ICRP (2006): Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of Radiation Protection of the Public and The Optimisation of Radiological Protection: Broadening the Process . In: *International Commission on Radiological Protection 101*, Annals of the ICRP 36 (3). [ICRP 2006].

ICRP (2007): The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection . In: *International Commission on Radiological Protection 103*, Annals of the ICRP 37 (2-4). [ICRP 2007].

ICRP (2009a): Application of the Commission's Recommendations to the Protection of People Living in Long-term Contaminated Areas After a Nuclear Accident or a Radiation Emergency . In: *International Commission on Radiological Protection 101 Ann.*, Annals of the ICRP 39 (3). [ICRP 2009a].

ICRP (2009b): Commission's Recommendations for the Protection of People in Emergency Exposure Situations . In: *International Commission on Radiological Protection 109*, Annals of the ICRP 39 (1). [ICRP 2009b].

ICRP (2012): 2011 Annual Report. International Commission on Radiological Protection. [ICRP 2012].

ICRP/BfS (2007): ICRP- Veröffentlichung 103 (deutsche Ausgabe), Die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) von 2007, verabschiedet im März 2007. Bundesamt für Strahlenschutz. [ICRP/BfS 2007].

iku (2007): Kommunikation mit der Öffentlichkeit bei radiologischen Ereignissen in kerntechnischen Anlagen. Dortmund: iku GmbH. [iku 2007].

Inomata, Tadanori (2008): Management review of environmental governance within the United Nations system. Genf. [Inomata 2008].

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (2011): Assessment on the 66th day of projected external doses for populations living in the North-West fallout zone of the Fukushima accident – Outcome of population evacuation measures. [Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire 2011].

Institute of Nuclear Power Operations (2011): Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. Atlanta. [Institute of Nuclear Power Operations 2011].

Internationale Länderkommission (2006): ILK-Stellungnahme zu den Auswirkungen des Unfalls von Tschernobyl – Eine Bestandsaufnahme nach 20 Jahren. [Internationale Länderkommission 2006].

International Nuclear Safety Group (2003): Terms of Reference. International Nuclear Safety Group (INSAG) . International Atomic Energy Agency. Text abrufbar unter: http://www-ns.iaea.org/downloads/ni/insag/terms-of-reference.pdf (Zugriff am 11.2.2013). [International Nuclear Safety Group 2003].

International Nuclear Safety Group (2006): Strengthening the Global Nuclear Safety Regime. Wien. [International Nuclear Safety Group 2006].

IPPN (2012): Atomarer Katastrophenschutz: Veraltet und zu kleinräumig". Offener Brief und Hintergrundpapier der Deutschen Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges/Ärzte in sozialer Verantwortung e.V. an die Innenminister vom 30.11.2012 . International Physician for the Prevention of Nuclear War (IPPN). Text abrufbar unter: http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/offener_brief_innenminister_30112012 .pdf (Zugriff am 1.12.2012). [IPPN 2012].

Kanie, Norichika/Haas, Peter M. (Hrsg.) (2004): Emerging forces in environmental governance. Tokyo ; New York: United Nations University Press. [Kanie/Haas 2004].

Kaspar, Dieter (1999): Rolle und Nutzen von Verbindungspersonen . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 167–173. [Kaspar 1999].

Kemeny, John G. (Hrsg.) (1979): Report of the President's Commission on the accident at Three Mile Island. New York: Pergamon Press. [Kemeny 1979].

Kepplinger, Hans Mathias (2000): Vom Hoffnungsträger zum Angstfaktor . In: Streit ums Atom: Deutsche, Franzosen und die Zukunft der Kernenergie. München: Piper, 81–103. [Kepplinger 2000].

Kepplinger, Hans Mathias (2011): Qualität in der Krise – Befindlichkeiten statt Fakten . Präsentiert auf: Fachkonferenz der Konrad-Adenauer-Stiftung am 27. Juli 2011, 2011, *8. Berliner Mediendiskurs*, Berlin. [Kepplinger 2011].

Kerntechnischer Ausschuss (1997): Zusammenstellung anlageninterner Notfallschutzmaßnahmen und die Prüfung ihrer Regelung im KTA. Salzgitter. [KTA 1997].

Kiefer, Jürgen (1981): Biologische Strahlenwirkung: eine Einführung in die Grundlagen von Strahlenschutz und Strahlenanwendung. Berlin; New York: Springer. [Kiefer 1981].

Kloepfer, Michael (2012): Hochrisikoanlagen: Notfallschutz bei Kernkraft-, Chemie- und Sondermüllanlagen. Baden-Baden: Nomos. [Kloepfer 2012].

Koch, D./Heise, Th./Geick, G.H.G. (2007): Notfallmanagement in Schleswig-Holstein . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2007, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, Köln: TÜV Media, 151–158. [Koch et al. 2007].

Köcher, Renate (2011): Eine atemraubende Wende. Umfrage für die F.A.Z. zur Atomkraft. 2011 . In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Text abrufbar unter: http://www.faz.net/aktuell/2.2032/umfrage-fuer-die-f-a-z-zur-atomkraft-eine-atemraubende-wende-1628015.html (Zugriff am 3.1.2013). [Köcher 2011].

Koelzer, Winfried (2001): Lexikon zur Kernenergie. Karlsruhe. [Koelzer 2001].

Koelzer, Winfried (2011): Lexikon zur Kernenergie . Stabsabt. Öffentlichkeitsarbeit des Forschungszentrums Karlsruhe GmbH. Text abrufbar unter: http://www.kit.edu/downloads/Lexikon_zur_Kernenergie_2011.pdf (Zugriff am 7.4.2012). [Koelzer 2011].

Koelzer, Winfried (2013): Lexikon zur Kernenergie. Aktualisierte Fassung Juli 2013 . Text abrufbar unter: http://www.kernenergie.de/kernenergie-wAssets/docs/service/021lexikon.pdf (Zugriff am 24.10.2013). [Koelzer 2013].

Kohlrausch, Friedrich/Aschenbrenner, Armin (1996): Praktische Physik: Band 2. 24. Aufl. Stuttgart: Teubner. [Kohlrausch 1996].

Korn, Hans (1999): Umsetzung der internationalen Vorgaben und Empfehlungen: Vergleichende Gegenüberstellung (D,F,CH,A) . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 13–21. [Korn 1999].

Korn, Hans/Zindler, Helga (1994): Abgeleitete Richtwerte im Notfallschutz . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: TÜV-Verlag, 399–407. [Korn/Zindler 1994].

Kotthoff, Klaus (1994): Internationale Bewertungsskala für bedeutsame Ereignisse in kerntechnischen Einrichtungen. Benutzerhandbuch. Köln. [Kotthoff 1994].

Krämer, Walter/Mackenthun, Gerald (2001): Die Panik-Macher. München: Piper. [Krämer/Mackenthun 2001].

Krieger, Hanno (2009): Grundlagen der Strahlungsphysik und des Strahlenschutzes. Wiesbaden: Vieweg + Teubner. [Krieger 2009].

Krieger, Hanno (2011): Strahlungsmessung und Dosimetrie. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden. [Krieger 2011].

KSA (2004): Sicherheitskultur in einer Kernanlage. Erfassung, Bewertung, Förderung. Eidgenössische Kommission für die Sicherheit von Kernanlagen. [KSA 2004].

Kubanyi, Jozef/Lavin, Ricardo Bolado/Serbanescu, Dan/Toth, Bela/Wilkening, Heinz (2008): Risk Informed Support of Decision Making in Nuclear Power Plant Emergency Zoning.

Generic Framework towards Harmonising NPP Emergency Planning Practices. Luxemburg. [Kubanyi et al. 2008].

Kuczera, Bernward (2011): Das schwere Tohoku-Seebeben in Japan und die Auswirkungen auf das Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi . In: *Internationale Zeitschrift für Kernenergie*, Sonderdruck aus Jahrgang 56 (April/Mai 2011), Heft 4/5 . [Kuczera 2011].

Kuhlen, Johannes (2008): Konsequenzen aus Störfällen bei der Kernergieerzeugung . Präsentiert auf: Leopoldina-Symposium am 13. und 14. April 2007 in Leipzig, 2008, *Strahlenanwendung und Strahlenforschung in Deutschland: Perspektiven bis zum Jahr 2020*, Halle (Saale): Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina, Nova acta Leopoldina 67–83. [Kuhlen 2008].

Kuhlen, Johannes (2011a): Das Bundesministerium unterstützt die Deutsche Botschaft in Japan. Ein Zwischenbericht zur Situation der Deutschen Botschaft in Tokyo während der Fukushima-Katastrophe . In: *Umwelt*, 6 , 38–41. [Kuhlen 2011a].

Kuhlen, Johannes (2011b): Krisenmanagement nach Fukushima und Tschernobyl. Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaften der TU Braunschweig (ISW) 102. Braunschweig. [Kuhlen 2011b].

Kuhlen, Johannes/Portius, Uta/Dusemund, Hans-Wilhelm (2007): Radiologischer Notfallschutz. Ansätze zu grenzüberschreitender Harmonisierung im radiologischen Notfallschutz . In: *Umwelt*, 10 , 605–607. [Kuhlen et al. 2007].

Kurokawa, Kiyoshi/Ishibashi, Katsuhiko/Oshima, Kenzo/Sakiyama, Hisako/Sakurai, Masafumi/Tanaka, Koichi/Tanaka, Mitsuhiko/Nomura, Shuya/Hachisuka, Reiko/Yokoyama, Yoshinori (2012): Fukushima Nuclear Accident. National Diet of Japan. [Kurokawa et al. 2012].

Lamarre, Greg/Jackson, Diane/Nakoski, John/Lazo, Ted/Halil, Burçin (2012): The NEA integrated response to the Fukushima Daiichi nuclear accident . In: *NEA News*, 30.1 , 4–7. [Lamarre et al. 2012].

Landkreis Hameln-Pyrmont (Hrsg.) (2012): Katastrophenschutzsonderplan des Landkreises Hameln-Pyrmont für das Gemeinschaftskraftwerk Grohnde (Sonderplan Gemeinschafts¬kraftwerk Grohnde). Stand 17.07.2012. Text abrufbar unter: http://www.hameln-pyrmont.de/media/custom/317_5542_1.PDF?1343224984 (Zugriff am 2.11.2012). [Landkreis Hameln-Pyrmont 2012].

Laux, Helmut (1998): Entscheidungstheorie. Berlin: Springer. [Laux 1998].

Leitgeb, Norbert (1990): Strahlen, Wellen, Felder: Ursachen und Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit. Stuttgart: Thieme. [Leitgeb 1990].

Lelieveld, Johannes/Kunkel, Daniel/Lawrence, Mark G. (2012): Global Risk of Radioactive Fallout after Major Nuclear Reactor Accidents . In: *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12 (9), 4245–4258. [Lelieveld et al. 2012].

Liemersdorf, Heinz (2009): Entwicklung der Sicherheitskonzepte für Auslegung und Betrieb von Kernkraftwerken. Vortrag im Rahmen des 2. Workshop zu Fragen von Risiko und Verkehr im Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der Technischen Universität Braunschweig, 1. und 2. Dezember 2009 . Text abrufbar unter: http://rzv113.rz.tu-bs.de/SiT_SafetyinTransportation/WeB/3_SiT-Vortrag%20Sicherheitskonzepte%20KKW.pdf (Zugriff am 18.10.2012). [Liemersdorf 2009].

Lübbert, Daniel (2007): CO2-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien . Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages INFO-BRIEF WD 8-056/2007. Text abrufbar unter: http://www.bundestag.de/dokumente/analysen/2007/CO2-Bilanzen_verschiedener_Energietraeger_im_Vergleich.pdf (Zugriff am 28.2.2013). [Lübbert 2007].

Luftfahrzeuge-EilV (2011): Verordnung zur Strahlenschutzvorsorge bei radioaktiv kontaminierten Luftfahrzeugen (Luftfahrzeuge-EilV) vom 19. März 2011. Bundesanzeiger Nummer 45 Amtlicher Teil (22. März 2011), Seite 1084. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft. [Luftfahrzeuge-EilV 2011].

Luxemburg (2010): Merkblatt zur Jodblockade . Text abrufbar unter: http://www.ms.public.lu/fr/activites/radioprotection/Merkblatt_zur_Jodblockade.pdf (Zugriff am 23.6.2013). [Luxemburg 2010].

Majerus, Patrick (2012): WG-Emergencies – 2nd progress report. Presentation of 25 October 2012 at HERCA Meeting . Text abrufbar unter: http://www.herca.org/admin/documents/WG4/Presentation_WGE_HERCA10.pdf - Beschränkter Zugriff (Zugriff am 2.12.2012). (unveröffentlicht) [Majerus 2012].

Mankiw, Nicholas Gregory/Wagner, Adolf (2004): Grundzüge der Volkswirtschaftslehre. Stuttgart: Schäffer-Poeschel. [Mankiw/Wagner 2004].

Martin, James E (2006): Physics for Radiation Protection a Handbook. Weinheim: Wiley-VCH. [Martin 2006].

Mayntz, Renate (2002): Internationale Organisationen im Prozeß der Globalisierung . In: Globalisierung des Rechts II: Internationale Organisationen und Regelungsbereiche. Baden-Baden: Nomos, 85–100. [Mayntz 2002].

Mayntz, Renate (2008): Von der Steuerungstheorie zu Global Governance . In: Governance in einer sich wandelnden Welt. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage, Wiesbaden, 43–60. [Mayntz 2008].

Meldau, Ulrich (2008): Organisation der Ersten Hilfe in Kernkraftwerken . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz und des Deutschen WOH REMPAN-Zentrums an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg ; Würzburg, 2. bis 4. April 2008, 2008, *Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht*, Köln: TÜV Media, 240–245. [Meldau 2008].

Menzel, Ulrich (1999): Globalisierung als Aufgabe. Handlungsmöglichkeiten und Gestaltungsoptionen der Politik . Präsentiert auf: Expertenkolloquium der Evangelischen Akademie Loccum vom 10. bis 12. Dezember 1999, Loccum. [Menzel 1999].

Menzel, Ulrich (2001): Zwischen Idealismus und Realismus: die Lehre von den internationalen Beziehungen. Frankfurt am Main: Suhrkamp. [Menzel 2001].

Menzel, Ulrich (2011): Imperium oder Hegemonie? Folge 16: Das Ergebnis und der allgemeine Befund (1): Die Idealtypen von Imperium und Hegemonie. Braunschweig. [Menzel 2011].

Messner, Dirk (1998): Die Transformation von Staat und Politik im Globalisierungsprozeß . In: Die Zukunft des Staates und der Politik: Möglichkeiten und Grenzen politischer Steuerung in der Weltgesellschaft. Bonn: Dietz, 14–43. [Messner 1998].

Messner, Dirk (2000): Globalisierung, Global Governance und Perspektiven der Entwicklungszusammenarbeit . Präsentiert auf: 2000, *Entwicklung und Frieden im 21. Jahrhundert: zur Wirkungsgeschichte des Brandt-Berichts*, Bonn: Dietz, 267–294. [Messner 2000].

Messner, Dirk/Nuscheler, Franz (2003): Das Konzept Global Governance Stand und Perspektiven. INEF Report Heft 67 / 2003. Institut für Entwicklung und Frieden der Universität Duisburg-Essen. [Messner/Nuscheler 2003].

Meyerholt, Ulrich (2009): Environmental Governance. Zwischen Minimalstaat und Umweltgerechtigkeit . In: Governance – Entscheidungsfindung und –umsetzung innerhalb staatlicher und wirtschaftlicher Strukturen. Oldenburg: BIS-Verlag der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 119–134. [Meyerholt 2009].

Meyer, John W/Frank, David J./Hironaka, Ann/Schofer, Evan/Tuma, Nancy B. (2005): Die Entstehung eines globalen Umweltschutzregimes von 1870 bis 1990 . In: Weltkultur: wie die westlichen Prinzipien die Welt durchdringen. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 235–275. [Meyer et al. 2005].

Miska, Horst (1999a): Beispiel einer multilateralen Meßübung . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 227–233. [Miska 1999a].

Miska, Horst (1999b): Übersicht über die Notfallschutzorganisation in Deutschland . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 34–44. [Miska 1999b].

Miska, Horst/Bühling, Andreas (2007): Radiologischer Notfallschutz in Deutschland . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV-Verlag, 91–98. [Miska/Bühling 2007].

Mitchell, Ronald B. (2012): International Environmental Agreements (IEA) Database Project. Version 2012.1 (20.02.2012) . Text abrufbar unter: http://iea.uoregon.edu/ (Zugriff am 17.6.2012). [Mitchell 2012].

MOFA (2008): International Initiative on 3S-based Nuclear Energy Infrastructure . Ministry of Foreign Affairs Japan. Text abrufbar unter: http://www.mofa.go.jp/policy/economy/summit/2008/doc/pdf/0708_04_en.pdf (Zugriff am 23.2.2013). [MOFA 2008].

MOFA/IAEA (2012): The Fukushima Ministerial Conference on Nuclear Safety. Fukushima Prefecture, Japan, 15–17 December 2012. Chairpersons Summaries. Wien: Ministry of Foreign Affairs Japnan (MOFA) - International Atomic Energy Agency. [MOFA/IAEA 2012].

Mohrbach, Ludger (2013): Fukushima zwei Jahre nach dem Tsunami – Konsequenzen weltweit . In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 63. Jg. 2013 (Heft 3), 36–40. [Mohrbach 2013].

Mück, Konrad (1997): Probleme bei der Information der Öffentlichkeit . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 207–216. [Mück 1997].

Mück, Konrad/Hohenberg, Johann Klaus/Kis, Peter (1999): Zusammenarbeit und Absprache Österreichs zum Notfallschutz mit den Nachbarländern . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 91–99. [Mück et al. 1999].

Murray, Raymond LeRoy (2000): Nuclear energy: an introduction to the concepts, systems, and applications of nuclear processes. 5th ed. Boston: Butterworth-Heinemann. [Murray 2000].

Mustonen, Raimo (2005a): Transparent and traceable decision making in off-site nuclear emergencies . Brüssel, 20. April 2005. Text abrufbar unter: http://evatech.tkk.fi/brussels/EVATECH-TN05-01-part1.pdf (Zugriff am 2.9.2013). [Mustonen 2005a].

Mustonen, Raimo (2005b): Transparent and traceable decision making in off-site nuclear emergencies. Dissemination of achievements in the EVATECH Project of the FP5 Fission Programme . Brüssel. Text abrufbar unter: http://evatech.tkk.fi/brussels/EVATECH-TN05-01-part1.pdf (Zugriff am 2.9.2013). [Mustonen 2005b].

Mustonen, Raimo (2005c): EVATEC (Information Requirements and Countermeasure Evaluation Techniques in Nuclear Emergency Management). Final Technical Report . Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Helsinki. Text abrufbar unter: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp5-euratom/docs/evatech_projrep_en.pdf (Zugriff am 10.3.2013). [Mustonen 2005c].

Neef, Christian (2011): Das Modell taugt nichts. In: *Spiegel 11*, 21. März 2011, 111–112. [Neef 2011].

NERIS (2010): European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery (NERIS): Terms of Reference, Version 15 June 2010 . Text abrufbar unter: http://www.eu-neris.net/index.php/operation/origin-of-the-platform.html (Zugriff am 12.6.2012). [NERIS 2010].

Neu, Alfred (1999): Messtechnische Maßnahmen und Datenaustausch im Ereignisfall bei grenznahen ausländischen kerntechnischen Anlagen . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 141–149. [Neu 1999].

Neu, Alfred/Fachverband für Strahlenschutz (2003): Radioaktivität und Strahlung: Grenzwerte und Richtwerte. Köln: TÜV-Verl. [Neu/Fachverband für Strahlenschutz 2003].

Nölke, Andreas (2000): Regieren in transnationalen Politiknetzwerken? Kritik postnationaler Governance-Konzepte aus der Perspektive einer transnationalen (Inter-) Organisationssoziologie . In: *Zeitschrift für Internationale Beziehungen*, 331–358. [Nölke 2000].

Nuclear Energy Agency (1996): Nuclear Safety Research in OECD Countries. Areas of Agreement, Areas for Further Action, Increasing Need for Collaboration. Paris: Nuclear Energy Agency. [Nuclear Energy Agency 1996].

Nuclear Energy Agency (2006): Stakeholders an Radiological Protection: Lessons from Chernobyl 20 Years After. A Report by the Committee on Radiation Protection and Public Health. Paris. [Nuclear Energy Agency 2006].

Nuclear Energy Agency (2011): Emergency Response Governmental Decision and Recommendations Information Exchange. Governmental Decisions and Recommendations (GDR) concerning the ongoing Fukushima accident“ (Last updated: 20 April 2011) . Text abrufbar unter: NEA 2011. (unveröffentlicht) [Nuclear Energy Agency 2011].

Nuclear Energy Agency (2012): International Countermeasures; Survey of NEA Members 2012 . (to be published). [Nuclear Energy Agency 2012].

Nuclear Regulatory Authority Japan (2012): Aufgrund einer Simulation geschätzte Ausbreitung“ (original in japanisch; unveröff. deutsche Arbeitsübersetzung). [Nuclear Regulatory Authority Japan 2012].

Nuclear Regulatory Commission (1975): Reactor safety study, an assessment of accident risks in U.S. commercial nuclear power plants. Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission. [Nuclear Regulatory Commission 1975].

Nuclear Regulatory Commission (Hrsg.) (1980): Three Mile Island. A report to the Commissioners and to the public. Report of the Special Inquiry Group. (Rogovin Report). Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission. [Nuclear Regulatory Commission 1980].

Nuclear Regulatory Commission (2003): Methods and assumptions for evaluating radiological consequences of design basis accidents at light-water nuclear power reactors. Washington. [Nuclear Regulatory Commission 2003].

Nuclear Regulatory Commission (2009a): Three Mile Island Accident. NRC Backgrounder August 2009 . Text abrufbar unter: http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/3mile-isle.pdf (Zugriff am 17.10.2012). [Nuclear Regulatory Commission 2009a].

Nuclear Regulatory Commission (2009b): Plant Safety Performance After the TMI-2 Accident. Fact Sheet. Office of Public Affairs . Text abrufbar unter: http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/fs-plant-sfty-after-tmi2.pdf (Zugriff am 17.10.2012). [Nuclear Regulatory Commission 2009b].

Nuklearforum (2012a): Fukushima-Unfall: von Menschen verursacht . In: *Bulletin Nuklearforum Schweiz*, 8 , 18–19. [Nuklearforum 2012a].

Nuklearforum (Hrsg.) (2012b): Fukushima: TEPCO gesteht Fehler ein . Text abrufbar unter: http://www.nuklearforum.ch/de/aktuell/e-bulletin/fukushima-tepco-gesteht-fehler-ein (Zugriff am 4.11.2012). [Nuklearforum 2012b].

Oberhausen, Erich/Gumprecht, Detlef (1996): Empfehlungen der Strahlenschutzkommission . Präsentiert auf: SSK-Seminar März 1996, 1996, *Zehn Jahre nach Tschernobyl, eine Bilanz*, Gustav Fischer, 153–162. [Oberhausen/Gumprecht 1996].

Oberthür, Sebastian/Gehring, Thomas (Hrsg.) (2006): Institutional interaction in global environmental governance: synergy and conflict among international and EU policies. Cambridge, Mass: MIT Press. [Oberthür/Gehring 2006].

Obrecht, R./Schneider, S./Aures, R./Müller, U./Micheler, R. (2001): Grenzüberschreitender Messdatenaustausch in der erneuerten Fernreaktorüberwachung Baden-Württemberg (KFÜ) . Präsentiert auf: Seminar des AKN vom 28. - 30. März 2001 in München, 2001, *Messen und Rechnen im nuklearen Notfallschutz: München, 28. - 30. März 2001*, Köln: TÜV-Verl., 138–145. [Obrecht et al. 2001].

Öztürk, Asiye (Hrsg.), (2011): 11. September 2001 . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 4. Juli 2011*, 27 . [Öztürk 2011].

Peters, Hans-Peter (1997): Die Rolle der Medien bei der Information nach Tschernobyl . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 251–260. [Peters 1997].

Petrangeli, Gianni (2006): Nuclear safety. Amsterdam ; Boston: Butterworth-Heinemann. [Petrangeli 2006].

Pfeffer, Wolfgang (2006): „Interventionsmaßnahmen bei Nahrungsmittel nach kerntechnischen Unfällen“. Protokolle zu den Stakeholder Workshops „Erzeugung und Verarbeitung von Getreide, Obst und Wein“ am 06.07.2005, „Erzeugung und Verarbeitung von Fleisch, Geflügel und Eiern“ am 19.10.2005, „Entsorgung von Abfällen nach kerntechnischen Unfällen“ am 01.03.2006, „Interventionsmaßnahmen für Milch nach kerntechnischen Unfällen“ am 30.03.2006. . Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Köln. (unveröffentlicht) [Pfeffer 2006].

Pfetsch, Frank R (2006): Verhandeln in Konflikten Grundlagen -- Theorie -- Praxis. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden. [Pfetsch 2006].

Prêtre, Serge (1996): Wurden international die Lehren aus Tschernobyl richtig und vollständig gezogen?. In: Zehn Jahre nach Tschernobyl, eine Bilanz. Gustav Fischer, 459–478. [Prêtre 1996].

Probst, Michael (1997): Die vertraglichen Regelungen zum grenzüberschreitenden Informationsaustausch aus Sicht des Regierungspräsidium Freiburg; Erfahrungen bei der Anwendung . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 106–114. [Probst 1997].

Prognos (2009): Renaissance der Kernenergie? Analyse der Bedingungen für den weltweiten Ausbau der Kernenergie gemäß den Plänen der Nuklearindustrie und den verschiedenen Szenarien der Nuklearenergieagentur der OECD. Prognos AG. Berlin / Basel. [Prognos 2009].

Proske, Dirk (2004): Katalog der Risiken: Risiken und Ihre Darstellung. Dresden: Eigenverl. Proske. [Proske 2004].

Prüßmann, Stefan (2007): Einsatzmöglichkeiten der Kerntechnischen Hilfsdienst Gesellschaft mbH . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV Media, 136–143. [Prüßmann 2007].

Prüßmann, Stefan (2008): Einsatzmittel der Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH bei der Versorgung radiolgischer Notfälle / bei der Versorgung radiologisch belasteter Personen. . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz und des Deutschen WHO REMPAN-Zentrums an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg ; Würzburg, 2. bis 4. April 2008, 2008, *Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht*, Köln: TÜV Media, 107–114. [Prüßmann 2008].

Radiation Protection Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden (2001): Nordic Intervention Criteria for Nuclear or Radiological Emergencies – Recommendations. [Nordic Intervention Criteria 2001].

Radkau, Joachim (2011): Eine kurze Geschichte der deutschen Antiatomkraftbewegung . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 14. November 2011*, 46/47 , 7–15. [Radkau 2011].

Radkau, Joachim/Hahn, Lothar (2013): Aufstieg und Fall der deutschen Atomwirtschaft. München: Oekom. [Radkau/Hahn 2013].

Randow, Gero von (1976): Carter 1956. Was war er nun wirklich – Offizier, Ingenieur oder Atomphysiker? . In: *Die Zeit. Nr. 35*, 20. August 1976, 10. [ZEIT 1976].

Rasch, Björn/Friese, Malte/Hofmann, Wilhelm/Naumann, Ewald (2004a): Quantitative Methoden 1. Berlin: Springer. [Rasch et al. 2004].

Rasch, Björn/Friese, Malte/Hofmann, Wilhelm/Naumann, Ewald (2004b): Quantitative Methoden 2. Berlin: Springer. [Rasch et al. 2004a].

Raskob, Wolfgang/Ehrhardt, Joachim/Landmann, Claudia/Päsler-Sauer, Jürgen (2006): Status oft the RODOS system for off-site emergency management after nuclear and radiological accidents . Präsentiert auf: 2006, *Countering nuclear and radiological terrorism*, Dordrecht : [Brussels, Belgium]: Springer , Published in cooperation with NATO Public Diplomacy Division, 151–166. [Raskob et al. 2006].

Rassow, Jürgen (1988): Risiken der Kernenergie: Fakten und Zusammenhänge im Lichte des Tschernobyl-Unfalls. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft. [Rassow 1988].

Rauber, Dominique (1994): Beurteilung der radiologischen Lage und Ergreifen von Schutzmaßnahmen . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 230–239. [Rauber 1994].

Rauber, Dominique/Eberbach, Friedrich/Champion, Didier (Hrsg.) (1999): Grenzüberschreitende Zusammenarbeit in der Vorbereitungsphase Frankreich-Deutschland-Schweiz . Präsentiert auf: 1999, Köln: TÜV-Verlag, 83–90. [Rauber et al. 1999].

Rauer, Valentin (2011): Von der Schuldkultur zur Sicherheitskultur. Eine begriffsgeschichtliche Analyse 1986-2010 . In: *Sicherheit und Frieden (S+F)*, 2 , 66–72. [Rauer 2011].

Reaktorsicherheitskommission (Hrsg.) (2002): Memorandum der RSK zur Gewährleistung einer angemessenen Sicherheitskultur. RSK – Stellungnahme vom 13.06.2002 . Text abrufbar unter: http://www.rskonline.de/downloads/snmemosicherheitskultur13602.pdf (Zugriff am 13.1.2013). [Reaktorsicherheitskommission 2002].

Reaktorsicherheitskommission (Hrsg.) (2005): RSK – Empfehlung Gestaffeltes Sicherheitskonzept. 386. Sitzung am 08.09.2005 . Text abrufbar unter: http://www.rskonline.de/downloads/sicherheitskonzept.pdf (Zugriff am 1.11.2012). [Reaktorsicherheitskommission 2005].

Rehbinder, Eckard (2007): Grundsätze, Strategien und Instrumente des Umweltschutzes . In: Grundzüge des Umweltrechts. Berlin: Erich Schmidt, 123–284. [Rehbinder 2007].

Reiners, Christoph (2006): Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen. Prinzip, Effektivität, aktuelle Empfehlungen . In: *Nuklearmedizin*, 3 , 97–100. [Reiners 2006].

Reiners, Christoph/Schneider, Rita/Preißinger, M./Lassmann, M. (2008): Das WHO-REMPAN Netzwerk . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz des Fachverbandes für Strahlenschutz und des Deutschen WHO REMPAN-Zentrums an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin der Universitätsklinik Würzburg ; Würzburg, 2. bis 4. April 2008, 2008, *Fragen des radiologischen und nuklearen Notfallschutzes aus medizinischer Sicht*, Köln: TÜV Media, 3–6. [Reiners et al. 2008].

Renn, Ortwin/Kastenholz, Hans (Hrsg.) (1997): Die Glaubwürdigkeit von Experten und Institutionen bei der Notfallsituation. Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 271–281. [Renn/Kastenholz 1997].

RISKAUDIT (2010): Medical Effectiveness of Iodine Prophylaxis in a Nuclear Reactor Emergency Situation and Overview of European National Practices. Paris / Köln. [RISKAUDIT 2010].

Robischon, Fritz (1997): Information der Öffentlichkeit aus der Sicht für das Krisenmanagement zuständigen Behörde . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 144–152. [Robischon 1997].

Rommelfanger, Heinrich/Eickemeier, Susanne (2002): Entscheidungstheorie: klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen. Berlin; Heidelberg: Springer. [Rommelfanger/ Eickemeier 2002].

Rosenau, James N. (1997): Along the domestic-foreign frontier: exploring governance in a turbulent world. Cambridge ; New York: Cambridge University Press. [Rosenau 1997].

Rosenau, James N./Czempiel, Ernst Otto (Hrsg.) (1992): Governance without government: order and change in world politics. Cambridge ; New York: Cambridge University Press. [Rosenau/Czempiel 1992].

Rubner, Jeanne (2007): Das Energiedilemma Warum wir über Atomkraft neu nachdenken müssen. München: Pantheon. [Rubner 2007].

Rüegg, Walter (2012): Ionisierende Strahlung – wie gefährlich ist sie wirklich? . In: *Bulletin Nuklearforum Schweiz*, 9 , 4–8. [Rüegg 2012].

Ruhrmann, Georg/Kohring, Matthias (1997): Akzeptanz staatlicher Kommunikation in Katastrophen und Medienberichterstattung . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 282–290. [Ruhrmann/Kohring 1997].

Sachs, Lothar/Hedderich, Jürgen (2006): Angewandte Statistik: Methodensammlung mit R. 12. Aufl. Berlin; Heidelberg; New York: Springer. [Sachs/Hedderich 2006].

Sahm, Astrid (2006): Dimensionen einer Katastrophe . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 27. März 2006*, 13 , 12–18. [Sahm 2006].

Sattler, Karl-Otto (1980): Whyl und Harrisburg . In: *Die Zeit. Nr. 49*, 13. [Sattler 1980].

Sauzay, Brigitte (2000): Vernunft oder Gefühl: Die Wahrnehmung der Kernenergie in Deutschland . In: Streit ums Atom: Deutsche, Franzosen und die Zukunft der Kernenergie. München: Piper, 187–200. [Sauzay 2000].

Schärf, Wolf-Georg (2008): Europäisches Nuklearrecht. Berlin: De Gruyter. [Schärf 2008].

Schenker-Wicki, Andrea/Knaus, Hansjürg (1994): Information der Öffentlichkeit im Rahmen der Notfallorganisation . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 412–421. [Schenker-Wicki/Knaus 1994].

Schmidt, Christoph (2009): Strukturen des Katastrophenrechts . In: Anmerkungen zum Katastrophenrecht. Dokumentation der Arbeitsgruppe „Katastrophen und Recht“. Gesellschaftswissenschaftliches Kolleg der Studienstiftung des deutschen Volkes, 94–102. [Schmidt 2009].

Schnadt, Horst (1994): Der anlagenexterne Notfallschutz; Struktur und Elemente . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 323–327. [Schnadt 1994].

Schnadt, Horst (2007a): Stand der Weiterentwicklung des neuen Maßnahmenkatalogs . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV Media, 117–125. [Schnadt 2007a].

Schnadt, Horst (2007b): Umsetzung des Leitfadens für den Fachberater Katastrophenschutz der Katastrophenschutzleitung in das Rechenprogramm PLUTO . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV Media, 108–116. [Schnadt 2007].

Schnadt, Horst/Crabol, Bernard/Eberbach, Friedrich/Manesse, Daniel/Martens, Reinhard/Maßmeier, Klaus/Monfort, Marguerite/Nester, Klaus (1999): Grenzüberschreitende Harmonisierung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen für Unfallsituationen: das DFK-Modell . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 115–127. [Schnadt et al. 1999].

Schrader, Christopher (2012): Ein Super-Gau pro Jahrzehnt. Wie bedroht ist die Welt von radioaktiven Unfällen? In: *Süddeutsche Zeitung*, 16. [Schrader 2012].

Schramm, Stefanie (2010): Strahlender Kreislauf . In: *Die Zeit. Nr. 46*, 11. November 2010. [ZEIT 2010].

Schueler, Hans (1977): Richter, Reaktoren, Restrisiko. Im Whyl-Prozeß hat ein Verwaltungsgericht den Vorwurf mangelnder Kompetenz entkräftet . In: *Die Zeit. Nr. 31*, 20. Juli 1977, 3. [Schueler 1977].

Schulze, Peter M (1994): Beschreibende Statistik. 2. Aufl. München; Wien: Oldenbourg. [Schulze 1994].

Schulze-Fielitz, Helmuth (2011): Risikosteuerung von Hochrisikoanlagen als Verfassungsproblem . Präsentiert auf: 2011, *Hochrisikoanlagen: Notfallschutz bei Kernkraft-, Chemie- und Sondermüllanlagen*, Baden-Baden: Nomos, 25–51. [Schulze-Fielitz 2012].

Schumacher, Peter (2010): Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen – Erfahrungen mit dem Programm SAFER 2 . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2010, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, Köln: TÜV Media, 92–102. [Schumacher 2010].

Schutzkommission (2011): Vierter Gefahrenbericht. Schriften der Schutzkommission. Bonn: Schutzkommission beim Bundesminister des Innern. [Schutzkommission 2011].

Schuppert, Gunnar Folke (2008): Governance – auf der Suche nach Konturen eines „anerkannt uneindeutigen Begriffs“. In: Governance in einer sich wandelnden Welt. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 13–40. [Schuppert 2008].

Sellner, Dieter/Hennenhöfer, Gerald (2007): Atom- und Strahlenschutzrecht . Präsentiert auf: 2007, *Grundzüge des Umweltrechts*, Berlin: Erich Schmidt, 863–942. [Sellner/Hennenhöfer 2007].

Simon, Nils (2010): Umweltgovernance für das 21. Jahrhundert. Herausforderungen, Reformprozesse und Handlungsoptionen vor der Rio-Konferenz 2012. Berlin. [Simon 2010].

Simonis, Georg/Elbers, Helmut (2011): Studium und Arbeitstechniken der Politikwissenschaft. 2. Aufl. Wiesbaden: VS-Verl. [Simonis/Elbers 2011].

Smidt, Dieter (1979): Reaktor-Sicherheitstechnik: Sicherheitssysteme und Störfallanalyse für Leichtwasserreaktoren und schnelle Brüter. Berlin: Springer. [Smidt 1979].

Smith, Brice (2006): Insurmountable Risks: The Danger of Using Nuclear Power to Combat Global Climate Change. Muskegon, Michagan USA. [Smith 2006].

Spiegel (1986a): Die Sache hat uns kalt erwischt. In: *Spiegel*, 20. Aufl. 1986, 19–27. [Spiegel 1986a].

Spiegel (1986b): Kernkraftwerke: Nachrüsten für den Tag X . In: *Spiegel*, (35), 19–21. [Spiegel 1986b].

Spiegel (1992): Riesiger Scheiterhaufen . In: *Spiegel*, 14. Aufl. 1992, 268–285. [Spiegel 1992].

Spiegel (2007): Ein gewisses Entweichen radioaktiver Substanzen. Die Explosion des Reaktors Tschernobyl beweist, wie gefährlich Kernenergie ist . In: *Spiegel*, 2. Aufl. 2007, 64–65. [Spiegel 2007].

Steland, Ansgar (2004): Mathematische Grundlagen der empirischen Forschung. Berlin: Springer. [Steland 2004].

Stöcker, Horst (2000): Physik für Ausbildung und Praxis. Thun; Frankfurt am Main: Deutsch. [Stöcker 2000].

Stoffel, F./Frei, D./Leonardi, Anna (2007): Das Schweizerische Konzept für die Zusammenarbeit bei Ereignissen mit vorsätzlicher Freisetzung von radioaktiven Stoffen – Einsatzkonzept „schmutzige Bombe“ . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV Media, 15–22. [Stoffel et al. 2007].

Stöhlker, Ulrich/Eberbach, Friedrich/Höbler, Christian (1999): Austausch von Daten automatischer Netze . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich,

3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 150–155. [Stöhlker et al. 1999].

Strahlenschutzkommission (1986): Zwischenbericht der Strahlenschutzkommission zur Abschätzung und Bewertung der Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl (UdSSR) in der Bundesrepublik Deutschland. Bonn. [Strahlenschutzkommission 1986].

Strahlenschutzkommission (1996): Atmosphärische Ausbreitung bei kerntechnischen Notfällen. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Bonn. [Strahlenschutzkommission 1996].

Strahlenschutzkommission (1997): Durchführung der Iodblockade der Schilddrüse bei kerntechnischen Unfällen. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 149. Sitzung am 17. November 1997. Bonn. [Strahlenschutzkommission 1997].

Strahlenschutzkommission (1998): Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 1997. [Strahlenschutzkommission 1998].

Strahlenschutzkommission (2004a): Änderungsvorschläge zur ICRP 63: Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission, verabschiedet in der 192. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 24. Juni 2004. [Strahlenschutzkommission 2004a].

Strahlenschutzkommission (2004b): Erläuterungsband zum Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen – Begründungen, Modelle, Daten und Programme. München / Jena: Urban & Fischer. [Strahlenschutzkommission 2004b].

Strahlenschutzkommission (2004c): Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. München / Jena: Urban & Fischer. [Strahlenschutzkommission 2004c].

Strahlenschutzkommission (2004d): Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV (Strahlenschutzverordnung). Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition. München: Elsevier Urban & Fischer. [Strahlenschutzkommission 2004d].

Strahlenschutzkommission (2005): Notfallschutz bei Schadenslagen mit radiologischen Auswirkungen. Klausurtagung der Strahlenschutzkommission am 10./11. November 2005. Berlin: Hoffmann Fachverlag. [Strahlenschutzkommission 2005].

Strahlenschutzkommission (2006): 20 Jahre nach Tschernobyl – Eine Bilanz aus Sicht des Strahlenschutzes. Berlin: Hoffmann Fachverlag. [Strahlenschutzkommission 2006].

Strahlenschutzkommission (2007): Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission 2007. [Strahlenschutzkommission 2007].

Strahlenschutzkommission (2009a): Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden . In: Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden. Empfehlungen

der Strahlenschutzkommission. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. 1–59. [Strahlenschutzkommission 2008a].

Strahlenschutzkommission (2009b): Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden mit Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen und Leitfaden für den Fachberater Katastrophenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. [Strahlenschutzkommission 2009b].

Strahlenschutzkommission (2009c): Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen vom 27. Oktober 2008 . In: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Heft 61(2009) . [Strahlenschutzkommission 2009c].

Strahlenschutzkommission (2010): Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Überarbeitung des Maßnahmenkatalogs Band 1 und 2). Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Berlin: Hoffmann Fachverlag. [Strahlenschutzkommission 2010].

Strahlenschutzkommission (2014): Planungsgebiete für den Notfallschutz in der Umgebung von Kernkraftwerken Empfehlung der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 268. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13./14. Februar 2014. Text abrufbar unter: http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2014/Planungsgebiete.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 13.9.2014). [Strahlenschutzkommission 2014].

StrlSchV (2001): Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001. BGBl. I S. 1714, ber. 2002 I S. 1459) zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. August 2008 (BGBl. I S. 1793). [StrlSchV 2001].

Stroppe, Heribert/Langer, Heinz (2005): Physik für Studenten der Natur- und Technikwissenschaften: ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen. 13. Aufl. Leipzig: Fachbuchverl. [Stroppe/Langer 2005].

StrVG (2008): Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz – StrVG) vom 19. Dezember 1986. [StrVG 2008].

SUJB (Hrsg.) (2001): Additional information to severe accidents and emergency preparedness on nuclear power plant Temelin. (compiled by State Office for Nuclear Safety , Praha as response to questions raised by the Austrian party during and after the public hearing under the item V of the “Melk protocol” in Vienna on 26 June 2001) . Prag. Text abrufbar unter: http://www.sujb.cz/fileadmin/sujb/docs/zpravy/ostatni_zpravy/MELK_accidents.pdf (Zugriff am 2.9.2010). [SUJB 2001].

Swedish Radiation Safety Authority (Hrsg.) (2012): Measures taken during an extraordinary situation (last update 30.03.2012) . Text abrufbar unter: http://www. stralsakerhetsmyndigheten.se/ In-English/About-the-Swedish-Radiation-Safety-Authority1/ News1/ Measures-taken-during-an-extraordinary-situation/ (Zugriff am 5.8.2012). [Swedish Radiation Safety Authority 2012].

Szkudlarek, Łukasz/Lewicka-Szczebak, Dominika/Kasprzak, Marek (2011): Entwurf des Polnischen Kernenergieprogramms. Kurzfassung in Nicht-Fachsprache . Text abrufbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/sup_polen_studie_de.pdf (Zugriff am 26.4.2012). [Szkudlarek et al. 2011].

Tanguy, Pierre (1988): Three decades of nuclear safety. Nuclear plant safety has not been a static concept. In: *IAEA Bulletin*, 2 , 51–57. [Tanguy 1988].

Ten Hoeve, John E./Jacobson, Mark Z. (2012): Worldwide Health Effects of the Fukushima Daiichi Nuclear Accident. In: *Energy & Environmental Science*, 5 (9), 8743–8757. [Ten Hoeve/Jacobson 2012].

TEPCO (2012): Fundamental Policy for the Reform of TEPCO Nuclear Power Organization. Nuclear Reform Special Task Force. October 12, 2012 . Text abrufbar unter: http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu12_e/images/121012e0101.pdf (Zugriff am 4.11.2012). [TEPCO 2012].

Thränert, Oliver (2010): Die „globale Null“ für Atomwaffen . In: *Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ). 13. Dezember 2010*, (APuZ 50), 3–8. [Thränert 2010].

Till, John E./Grogan, Helen A. (Hrsg.) (2008): Radiological risk assessment and environmental analysis. Oxford ; New York: Oxford University Press. [Till/Grogan 2008].

Turner, J. E. (2007): Atoms, radiation, and radiation protection. 3. Aufl. Weinheim: Wiley-VCH. [Turner 2007].

ŮJV Řež (2010): Ergänzende Informationen zu den Analysen von schweren Unfällen für die Dokumentation EIA NJZ ETE. Prag: ŮJV Řež a.s. [ŮJV Řež 2010].

Umweltbundesamt (2012): KKW Mühleberg. Fachstellungnahme zu sicherheitstechnischen Aspekten des Schweizer Kernkraftwerks Mühleberg. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. [Umweltbundesamt 2012].

Vadé, Serge (1994): Die Europäische Union und der Strahlenschutz der Bevölkerung bei radiologischen Notstandssituationen . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 385–390. [Vadé 1994].

Vierecke, Andreas/Kohout, Franz/Mayerhofer, Bernd/Wildermuth, Werner (2011): dtv - Atlas Politik. Bonn: Bundeszentrale für Politische Bildung. [Vierecke et al. 2011].

Voegtli, Martin (1999): Abstimmung bei der Umsetzung von Maßnahmen über die Grenze . Präsentiert auf: Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999, 1999, *Grenzüberschreitender Notfallschutz*, Köln: TÜV-Verlag, 128–133. [Voegtli 1999].

Vogt, Hans-Gerrit/Schultz, Heinrich (2007): Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes. 4. Aufl. München; Wien: Hanser. [Vogt/Schulz 2007].

Vogt, Hans-Gerrit/Schultz, Heinrich (2011): Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes. 6. Aufl. München; Wien: Hanser. [Vogt/Schulz 2011].

Vollerthun, Andreas (2001): Integration von Konzeptentwurf und Marketing . München: Utz Verlag. [Vollerthun 2001].

Voß, Werner (2007): Das Gesamtsystem der nuklearspezifischen Gefahrenabwehr in Deutschland . Präsentiert auf: 5. Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, Augsburg, 25.-27. April 2007, 2007, *Vorkehrungen und Massnahmen bei radiologischen Ereignissen*, Köln: TÜV Media, 9–13. [Voß 2007].

Weiss, Bernhard H. (1994a): Response to nuclear accidents at the international level . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 373–384. [Weiss 1994a].

Weiss, Wolfgang (1994b): Systeme zur Überwachung der radiologischen Lage – gegenwärtiger Stand im internationalen Vergleich. Ansätze zur Verknüpfung und Harmonisierung . Präsentiert auf: Seminar des AK Notfallschutz München, 19.-21. Oktober 1994, 1994, *Stand des Notfallschutzes in Deutschland und in der Schweiz*, Köln: Verl. TÜV Rheinland, 210–215. [Weiss 1994b].

Welte, Ulrike (1997): Information der Medien und der Öffentlichkeit durch den Anlagenbetreiber . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, 44–53. [Welte 1997].

Wieken, K. (1974): Die schriftliche Befragung . In: Techniken der empirischen Sozialforschung: ein Lehrbuch in 8 Bänden Bd.4. München: Oldenbourg Verlag, 146–161. [Wieken 1974].

Widmer, Hans-Peter (1997): Erwartungen einer Zeitungsredaktion im Ereignisfall . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, 304–307. [Widmer 1997].

Wiest, Annik/Resch, Robert/Probst, Michael (1999): French-German nuclear safety exercise „Fessenheim 97“: preparation, realisation, perspectives . Präsentiert auf: 1999, *Gemeinsames Seminar des FS/AKN – SFRP, Zürich, 3.-5. März 1999*, Köln: TÜV-Verlag, 198–226. [Wiest et al. 1999].

Wikipedia (2012a): Landtagswahl in Niedersachsen 1986 . Text abrufbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Landtagswahl_in_Niedersachsen_1986 (Zugriff am 20.10.2012). [Wikipedia 2012a].

Wikipedia (2012b): Liste von Unfällen in kerntechnischen Anlagen . Text abrufbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Unfällen_in_kerntechnischen_Anlagen (Zugriff am 13.8.2012). [Wikipedia 2012b].

Wikipedia (2012c): Tschernobyl-Unglück . Text abrufbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Tschernobyl-Unglück (Zugriff am 18.10.2012). [Wikipedia 2012c].

Wikipedia (2013): Kernenergie nach Ländern . Text abrufbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie_nach_Ländern (Zugriff am 27.5.2013). [Wikipedia 2013].

Wikipedia GRS (2012a): Barrierenprinzip . Text abrufbar unter: http://wiki.grs.de/index.php/Barrierenprinzip) (Zugriff am 18.10.2012). [Wikipedia 2012].

Wikipedia GRS (2012b): Begriffe aus der Kerntechnik . Text abrufbar unter: http://wiki.grs.de/ (Zugriff am 18.10.2012). [GRS Wiki 2012 - „Begriffe“].

Wikipedia GRS (2012c): GAU (Größter anzunehmender Unfall) . Text abrufbar unter: http://wiki.grs.de/index.php/GAU) (Zugriff am 18.10.2012). [GRS Wiki 2012 -“GAU”].

Wilbert, S. (2008): Schutz der Einsatzkräfte im Bevölkerungsschutz bei einem radiologischen Einsatz . Präsentiert auf: AKN Seminar Augsburg, 10. bis 12. März 2010, 2008, *Übungen zum radiologischen und nuklearen Notfallschutz Planung - Durchführung - Auswertung*, TÜV Media, 51–58. [Wilbert 2008].

Williamson, Oliver E (1985): The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting. New York; London: Free Press ; Collier Macmillan. [Williamson 1985].

Wilpert, Bernhard (Hrsg.), (2001): The relevance of safety culture for nuclear power operations. In: Safety culture in nuclear power operations. London ; New York: Taylor & Francis, 4–18. [Wilpert 2001].

Wirth, Erich (2005): IMIS – Das „Integrierte Mess- und Informationssystem“: Ein Instrument des Notfallschutzes. In: Notfallschutz bei Schadenslagen mit radiologischen Auswirkungen. Klausurtagung der Strahlenschutzkommission am 10./11. November 2005. Berlin: Hoffmann Fachverlag, 113–127. [Wirth 2005].

Wirth, Erich/Baciu, Adriana C./Gerich, Brigitte/Blaettler, Monika/Buettner, Uwe/Calvarro, José M./Hofer, Peter/Holo, Eldri Naadland/Kuhlen, Johannes/Molnar, Kornelia/et al. (2011): A Two-Step Conceept to Derive a Consistent Set of Intervention Levels for Radiation Emergency Planning and to Translate International Recommendations into Practical Guidance . In: *Health Physics*, 100 (5), 482–490. [Wirth et al. 2010].

Wirth, Erich/Kuhlen, Johannes (2010): Anforderungen an die Harmonisierung von Dosisgrenzwerten im Notfallschutz . In: 14. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Bonn, 244–252. [Wirth/Kuhlen 2010].

Wolf, Horst (1997): Europäische und nationale Vorschriften zur Information der Öffentlichkeit; Praxis anhand eines Fallbeispiels . Präsentiert auf: Seminar des Arbeitskreises Notfallschutz, München, 8.-10. Oktober 1997, 1997, *Information von Behörden, Medien und Bevölkerung im Ereignisfall*, Köln: Verlag TÜV Rheinland, 15–24. [Wolf 1997].

Wollschläger, Daniel (2010): Grundlagen der Datenanalyse mit R eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin; Heidelberg: Springer. [Wollschläger 2010].

Young, Oran R. (2002): The institutional dimensions of environmental change: fit, interplay, and scale. Cambridge, Mass: MIT Press. [Young 2002].

Zahoransky, Richard A (2007): Energietechnik Systeme zur Energieumwandlung. Kompaktwissen für Studium und Beruf. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg. [Zahoransky 2007].

Zech, Hans-Jürgen (1988): Kernreaktoren. Bonn: INFORUM Verlags- und Verwaltungs GmbH. [Zech 1988].

Ziegler, Eberhard (2011): Atomgesetz mit Verordnungen. Textsammlung. 30. Auflage (Stand 01.09.2011). [Ziegler 2011].

Ziegler, Eberhard (2013): Atomgesetz mit Verordnungen. Textsammlung. 32. Auflage (Stand 15.11.2012). [Ziegler 2013].

Erklärung

Johannes Kuhlen
Dellenweg 74
53604 Bad Honnef

Ich erkläre hiermit, dass ich

- die vorliegende Dissertation mit dem Thema „*Notfallschutz und Nuclear Risk Governance: Zur nuklearen Sicherheit bei Kernkraftwerksunfällen*“ selbständig verfasst, keine Textabschnitte von Dritten oder aus eigenen Prüfungsarbeiten ohne Kennzeichnung übernommen und alle von mir benutzten Hilfsmittel und Quellen angegeben habe,

- die vorliegende Dissertation noch nicht veröffentlicht habe

- die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe,

- außer dem Promotionsgesuch vom 06.10.2010 an den Dekan der Carl-Friedrich-Gauß-Fakultät der Technischen Universität Braunschweig, mit dem ich 11.10.2010 zur Promotion zugelassen wurde, kein weiteres Promotionsgesuch gestellt habe,

- die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe,

Bad Honnef, den 29.01.2014

_____
Unterschrift des Doktoranden

Lebenslauf

Persönliche Daten:

23.11.1951	geboren in Duderstadt / Niedersachsen
	seit 1976 verheiratet mit Eva-Maria Kuhlen, geb. Rieck
	2 erwachsene Kinder (Jennifer *1979, Dr. Beatrix *1980)

Ausbildung und berufliche Tätigkeit:

1958 - 1970	Grundschule und Gymnasium Duderstadt, Abitur 1970
1970 - 1979	Studium der Mathematik und Physik:
1970 – 1978	Universität Göttingen
1978 - 1979	Technische Universität Brauschweig
	Examina an der TU Braunschweig:
1979	- Diplom in Mathematik (Note: 1)
	- 1. Staatsexamen in Physik und Mathematik (Note: 1, mit Auszeichnung)
	Systemplaner bei der Dornier System GmbH Friedrichshafen:
1980 - 1983	Hauptabteilung Planungsberatung (ca. 2 Jahre)
	Hauptabteilung Raumfahrt / Analytik (ca. 2 Jahre)
1983 – 1985	Referendariat Höheres Lehramt am Staatlichen Studienseminar Braunschweig
1985	- 2. Staatsexamen Höheres Lehramt (Note: 1)
1985 - 1986	Stv. Leiter des Computer Centrums des Niedersächsichen Landesinstituts (NLI) Hildesheim
1986 - 1987	Gymnasiallehrer am Gymnasium Josephinum Hildesheim
	Fächer: Mathematik, Physik, Informatik
seit 1987	Tätigkeit im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (seit 1990 Regierungsdirektor):
1987 - 1988	Persönlicher Referent des beamteten Staatssekretärs
1988 – 1997	Referent für Informationstechnik und Fachinformation, stv. RefL.
1997 – 2004	Referent für Internat. Angelegenheiten der nukleare Sicherheit, stv. RefL.
2004 – 2011	Referent für Strahlenschutz und Notfallschutz, stv. RefL.
seit 2011	Referatsleiter (RefL.) RS II 5 „Radioökologie, Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt, Notfallschutz“.